



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - 141584

STUDI PENGARUH KOMPOSISI *FILLER* BATU ALAM DAN LIMBAH MELAMIN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN SIFAT FISIS MATERIAL KOMPOSIT EPOKSI/MELAMIN/BATU ALAM UNTUK APLIKASI *TILE*

MUHAMMAD AFIQ IHSAN
02511440000012

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - 141584

**STUDI PENGARUH KOMPOSISI *FILLER* BATU ALAM
DAN LIMBAH MELAMIN TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT FISIS MATERIAL KOMPOSIT
EPOKSI/MELAMIN/BATU ALAM UNTUK APLIKASI
*TILE***

MUHAMMAD AFIQ IHSAN
02511440000012

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - 141584

**STUDY OF NATURAL STONE AND WASTE MELAMINE COMPOSITION
EFFECT ON MECHANICAL AN PHYSICAL PROPERTIES OF
EPOXY/NATURAL STONE/WASTE MELAMINE COMPOSITE FOR TILE
APPLICATION**

MUHAMMAD AFIQ IHSAN
02511440000012

Advisor
Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc

MATERIALS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**STUDI PENGARUH KOMPOSISI *FILLER* BATU
ALAM DAN LIMBAH MELAMIN TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT FISIS MATERIAL
KOMPOSIT EPOKSI/MELAMIN/BATU ALAM
UNTUK APLIKASI *TILE***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Muhammad Afiq Ihsan
NRP 02511440000012**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D.....(Pembimbing I)
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.....(Pembimbing II)



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

STUDI PENGARUH KOMPOSISI *FILLER* LIMBAH MELAMIN DAN BATU ALAM TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN SIFAT FISIS MATERIAL KOMPOSIT EPOKSI/MELAMIN/BATU ALAM UNTUK APLIKASI *TILE*

Nama : Muhammad Afiq Ihsan
NRP : 02511440000012
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida S.T, M.Sc

ABSTRAK

Sampah plastik merupakan masalah yang terjadi di Indonesia maupun dunia, karena umumnya sulit untuk terurai secara alami. Limbah melamin merupakan salah satu jenis sampah yang banyak ditemui, karena penggunaan melamin yang telah mencakup segala lini kehidupan. Ketersediaan limbah melamin ini dapat dimanfaatkan untuk dijadikan salah satu bahan penyusun material bangunan. Selain limbah melamin, batu alam khususnya marmer juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyusun material bangunan. Maka dari itu, dilakukan penelitian pembuatan komposit berbasis epoksi dengan variasi komposisi agregat berupa batu alam dan limbah melamin yang diharapkan dapat diaplikasikan untuk material *tile*. Pengujian yang dilakukan meliputi SEM, FTIR, uji *bending*, uji *hardness*, uji absorpsi air, uji ketahanan UV/cuaca dan uji koefisien gesek. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa penambahan agregat batu alam cenderung meningkatkan sifat mekanik, sementara penambahan agregat melamin menurunkan sifat mekanik. Penambahan agregat campuran batu alam + limbah melamin menurunkan sifat mekanik. Hasil pengujian serap air ialah pada penambahan batu alam menurunkan kemampuan serap air komposit, penambahan limbah melamin mampu menambah kemampuan serap air komposit, dan

penambahan agregat campuran batu alam + limbah melamin menurunkan nilai absorpsi air komposit. Seluruh variasi komposisi komposit juga memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap sinar UV/cuaca dan nilai koefisien gesek yang baik. Dari berbagai pengujian yang dilakukan, didapatkan kuat lentur dan kekerasan tertinggi sebesar 230 Mpa dan 67 shore D, yaitu komposit dengan agregat campuran 25% melamin + 25% batu alam, dengan nilai absorpsi air sebesar 0,23%.

Kata Kunci : Sampah plastik, Resin Epoksi, Limbah melamin, Batu Alam, Tile, Komposit

STUDY OF NATURAL STONE AND WASTE MELAMINE COMPOSITION EFFECT ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF EPOXY/NATURAL STONE/WASTE MELAMINE COMPOSITE FOR TILE APPLICATION

Name of student : Muhammad Afiq Ihsan
NRP : 02511440000012
Major : Material Engineering
Advisor : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida S.T, M.Sc

ABSTRAK

Plastic waste is a problem that occurs in Indonesia and the world, because it is generally difficult to decompose naturally. Melamine waste is one of the most common types of waste plastic, because of the use of melamine has covered all the lines of life. The availability of this melamine waste can be utilized to be one of the materials for building application. In addition to melamine waste, natural stone, especially marble can also be used as a material for building materials. Therefore, the research on making epoxy-based composite with variation of aggregate composition in the form of natural stone and melamine waste which is expected to be applied for tile material. The tests include SEM, FTIR, bending test, hardness test, water absorption test, UV / weather resistance test and friction coefficient test. From the results of the tests, we found that the addition of natural stone aggregates can increase mechanical properties, while the addition of melamine aggregates decreases mechanical properties. The addition of mixed aggregates of natural stone + melamine waste decreases mechanical properties. Water absorption test results shows that the addition of natural stone can reduce the ability of water absorption composite, the addition of melamine waste can increase the ability of water absorption composite, and the addition of mixed aggregates of

natural stone + melamine waste decreases the composite water absorption value. All variations of composite compositions also have very good UV / weather resistance and good coefficient of friction values. From the various tests, the highest flexural strength and hardness is 230 Mpa and 67 shore D, which is found in composite with 25% melamine + 25% natural aggregate mixed, with the value of water absorption is 0.23%.

Keywords: Plastic waste, Epoxy Resin, Melamine Waste, Natural Stone, Tiles, Composites

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta menyusun laporan Tugas akhir dengan judul **“Studi Pengaruh Komposisi *Filler* Batu Alam dan Limbah Melamin Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Material Komposit Epoksi/Melamin/Batu Alam Untuk Aplikasi *Tile*”**. Laporan ini dibuat untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, diantaranya:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendoakan, memberi dukungan, semangat, materiil, dan motivasi.
2. Dr. Agung Purniawan S.T, M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS.
3. Sigit Tri Wicaksono S.Si, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing penulis dan memberi bekal yang sangat bermanfaat.
4. Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat.
5. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta S.T., M.Sc selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI-ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.
7. Teman-teman MT 16 yang selalu menemani dan memberikan banyak kenangan serta dukungan.

8. Dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan dan kemajuan bersama. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dimanfaatkan sebaik-baiknya.

Surabaya, 2018
Penulis,

Muhammad Afiq Ihsan
02511440000012

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	5
2.1.1 Komponen Komposit	7
2.1.2 Komposit Partikulat.....	8
2.2 Epoksi.....	10
2.2.1 Struktur Kimia Epoksi.....	10
2.2.2 Sifat Epoksi	11
2.3 Resin Melamin	12
2.4 Batu Alam	14
2.5 Lantai.....	17
2.6 Penelitian Sebelumnya	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.2.1 Bahan Penelitian.....	24
3.2.2 Peralatan Penelitian	25
3.3 Variabel Penelitian	28
3.4 Prosedur Penelitian.....	29
3.4.1 Persiapan Bahan	29

3.4.2 Proses Pengujian.....	30
3.5 Rancangan Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis FTIR	37
4.2 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	39
4.3 Uji Bending	42
4.4 Uji <i>Hardness</i>	44
4.5 Uji Absorpsi Air	47
4.6 Uji Ketahanan UV/Cuaca.....	49
4.7 Uji Koefisien Gesek	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN.....	xxiii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	xxxi
BIODATA PENULIS.....	xxxiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Klasifikasi Beberapa Tipe Komposit	8
Gambar 2.2	Sketsa Komposit Partikel.....	9
Gambar 2.3	Gugus Epoksi	11
Gambar 2.4	Gugus Epoksida dan Resin Epoksi	11
Gambar 2.5	Reaksi Pembuatan Melamin Resin	14
Gambar 3.1	Diagram Alir.....	23
Gambar 3.2	Resin Epoksi	24
Gambar 3.3	Limbah Melamin.....	24
Gambar 3.4	Batu Alam Marmer	25
Gambar 3.5	Cetakan Spesimen.....	25
Gambar 3.6	Timbangan Digital	25
Gambar 3.7	Mesin SEM	26
Gambar 3.8	Mesin FTIR.....	27
Gambar 3.9	Mesin Uji Bending	27
Gambar 3.10	Oven.....	28
Gambar 3.11	Durometer <i>Hardness</i>	28
Gambar 3.12	Prinsip Kerja SEM	31
Gambar 3.13	Skema Uji FTIR.....	32
Gambar 3.14	Alat Durometer Shore D <i>Hardness Test</i>	34
Gambar 3.15	Skema Pengujian Koefisien Gesek	35
Gambar 4.1	Hasil Uji FTIR	38
Gambar 4.2	Hasil SEM.....	40
Gambar 4.3	Hasil Uji EDAX.....	41
Gambar 4.4	Grafik Hasil Pengujian <i>Bending</i>	43
Gambar 4.5	Grafik Hasil Pengujian <i>Hardness</i>	46
Gambar 4.6	Grafik Hasil Pengujian Absorpsi Air	48
Gambar 4.7	Grafik Hasil Pengujian Koefisien Gesek	52

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan dan Kerugian Komposit	6
Tabel 2.2 Karakteristik Resin Epoksi	12
Tabel 2.3 Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Melamin	13
Tabel 2.4 Sifat Fisik dan Mekanik Melamin	14
Tabel 2.5 Syarat Mutu Batu Alam Untuk Bahan Bangunan.....	16
Tabel 2.6 Sifat Mekanik Batu Marmer	17
Tabel 2.7 Toleransi Ukuran Ubin Mosaik	18
Tabel 2.8 Toleransi Penyerapan Air Ubin Mosaik.....	18
Tabel 2.9 Indeks Sinar UV	20
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	29
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian	36
Tabel 4.1 <i>Peak</i> FTIR.....	38
Tabel 4.2 Hasil Uji Kuat Lentur Menggunakan Agregat Batu Alam.....	42
Tabel 4.3 Hasil Uji Kuat Lentur Menggunakan Agregat Limbah Melamin	42
Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Lentur Menggunakan Agregat Campuran Batu Alam Dan Limbah Melamin	43
Tabel 4.5 Hasil Pengujian <i>Hardness</i>	45
Tabel 4.6 Hasil Uji Absorpsi Air Menggunakan Agregat Batu Alam.....	47
Tabel 4.7 Hasil Uji Absorpsi Air Menggunakan Agregat Limbah Melamin	48
Tabel 4.8 Hasil Uji Absorpsi Air Menggunakan Agregat Campuran Batu Alam dan Limbah Melamin	48
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Ketahanan Sinar UV/Cuaca	50
Tabel 4.10 Hasil Uji Koefisien Gesek Menggunakan Agregat Batu Alam.....	51
Tabel 4.11 Hasil Uji Koefisien Gesek Menggunakan Agregat Limbah Melamin	51
Tabel 4.12 Hasil Uji Koefisien Gesek Menggunakan Agregat Campuran Batu Alam dan Limbah Melamin	51

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah masih menjadi permasalahan lingkungan yang dihadapi oleh masyarakat di negara berkembang maupun negara maju. Pengembangan untuk penanganan masalah sampah masih terus dilakukan. Manusia membuang sampah plastik ke lingkungan berupa botol plastik, kantong plastik, serta sisa-sisa produk rumah tangga seperti alat-alat listrik serta alat dapur yang telah usang. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari (Surono, 2013). Permasalahan limbah plastik saat ini menjadi fokus pembahasan yang sedang hangat diberbagai penjuru dunia termasuk di Indonesia setelah pada tahun 2015 seorang peneliti (Jambeck dkk) mempublikasi hasil risetnya mengenai kontributor limbah plastik di lautan dan Indonesia ditempatkan pada posisi ke-2 setelah Cina.

Penanganan sampah yang tidak dilakukan dengan serius lama-kelamaan akan membahayakan kelangsungan hidup manusia di bumi. Jenis sampah yang menjadi perhatian akhir – akhir ini ialah plastik, salah satunya plastic yang berbahan dasar melamin. Melamin biasanya digunakan sebagai bahan perekat, *whiteboard*, *dishware*, dan alat-alat dapur. Tentunya dizaman sekarang ini, limbah melamin sudah banyak berserakan di lingkungan sekitar kita. Melamine sendiri umumnya memiliki sifat non- biodegradable, dan membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun agar melamin dapat terurai secara sempurna. Dari data dan fakta tersebut, pendayagunaan plastik, terutama limbah melamin menjadi penting untuk dilakukan. Perkembangan Ilmu pengetahuan dan Teknologi juga dapat dikombinasikan dengan pemanfaatan limbah plastik ini, sehingga menjadi suatu produk yang memiliki nilai guna bahkan nilai jual yang tinggi.



Kekayaan alam Indonesia khususnya dalam hal batu alam juga dapat dimanfaatkan, karena ketersediaannya yang sangat berlimpah. Pemanfaatan batu alam khususnya marmer sudah banyak diaplikasikan dibidang konstruksi bangunan.

Selain itu, salah satu resin thermoset yang banyak digunakan sebagai matrik pada komposit polimer adalah resin epoxy. Epoxy termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, matrik pada material komposit dan sangat luas digunakan pada banyak aplikasi seperti otomotif, aerospace, perkapalan, dan peralatan elektronika yang secara umum memiliki sifat yang baik dalam hal chemical reactive adhesives, thermal conductive adhesives, electrical conductive adhesives. Oleh karena itu resin epoksi digunakan dalam penelitian ini sebagai matriks untuk membuat bahan komposit yang menggunakan agregat limbah melamin dan batu alam untuk aplikasi *tile*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan agregat berbahan limbah melamin terhadap sifat mekanik dan sifat fisis komposit berbasis epoksi untuk aplikasi *tile* ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan agregat berbahan batu alam terhadap sifat mekanik dan sifat fisis komposit berbasis epoksi untuk aplikasi *tile*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan campuran agregat berbahan batu alam dan limbah melamin terhadap sifat mekanik dan sifat fisis komposit berbasis epoksi untuk aplikasi *tile*?



1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya sangat kecil pada penelitian sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Kadar uap air dan gas pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
2. Pengotor pada saat pencampuran polimer dan agregat dapat diabaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis pengaruh penambahan agregat berbahan limbah melamin terhadap sifat mekanik dan sifat fisis komposit berbasis epoksi.
2. Menganalisis pengaruh penambahan agregat berbahan batu alam terhadap sifat mekanik dan sifat fisis komposit berbasis epoksi.
3. Menganalisis pengaruh penambahan agregat campuran batu alam dan limbah melamin terhadap sifat mekanik dan sifat fisis komposit berbasis epoksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mensintesis komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material bangunan dengan penggunaan limbah plastik untuk meningkatkan *properties* untuk material konstruksi tersebut.
2. Memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan dari pembuatan komposit yang dapat memberikan dampak lingkungan yang positif dengan adanya pengurangan sampah plastik dalam jumlah yang besar.
3. Dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah plastik yang efisien dan ramah lingkungan.



4. Dapat dijadikan referensi dan inspirasi yang baik untuk memajukan industri pengolahan limbah plastik yang dapat memberikan dampak ekonomi yang positif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Material komposit dapat didefinisikan sebagai perpaduan antara dua material atau lebih untuk mendapatkan sifat yang lebih baik dari material penyusunnya ketika berdiri sendiri. Lain halnya dengan paduan logam, material penyusun pada komposit ini tetap mempertahankan masing-masing sifat kimiawi, fisik, maupun mekaniknya satu sama lain (Campbell, 2010). Dengan Penggabungan dua atau lebih material yang berbeda, maka dapat diperbaiki dan dikembangkan sifat-sifat mekanik dan fisik dari material-material tersebut diantaranya adalah (Sulistijono, 2012):

- Konduktivitas Termal
- Ketahanan Fatik
- Kekuatan
- Tampilan
- Kekakuan
- Ketahanan Korosi
- Ketahanan Gesek
- Insulasi Listrik
- Berat
- Insulasi Panas

Keuntungan utama dari material komposit yaitu kekuatan dan kekakuan yang tinggi, digabungkan dengan densitas yang rendah jika dibandingkan dengan bulk material, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan material yang lebih ringan (Campbell, 2010).

Material komposit memiliki banyak keuntungan dan kerugian, seperti yang dijelaskan di dalam tabel 2.1 di bawah ini:



Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian dari komposit

Keuntungan	Kerugian
Berat Berkurang	Tidak efisien biaya dan waktu untuk fabrikasi
Kekuatan dan kekakuan dapat beradaptasi tergantung pembebanan	Sifat bidang bidang akan melemah
Biaya manufaktur rendah	Kelemahan matriks, kekerasan rendah
Konduktivitas listrik atau thermal dapat meningkat atau menurun	Matriks akan mengakibatkan degradasi lingkungan
Tahan terhadap korosi	Sulit dalam mengikat
kehilangan sebagian sifat dasar material	Analisa sifat mekanik dan fisik sulit dilakukan

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Komposit Partikel, yaitu komposit yang tersusun atau matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu yang berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers.
2. Komposit *Reinforced*, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk *reinforced/fiber*
3. Komposit Laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel atau lamina logam atau kombinasi dari lamina-lamina dengan material yang berbeda di mana lapisan saling terikat.

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu



1. *MMC: Metal Matriks Composite* (menggunakan *matriks* logam) Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam.

2. *CMC: Ceramic Matriks Composite* (menggunakan *matriks* keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik.

3. *PMC: Polymer Matriks Composite* (menggunakan *matriks* polimer). Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan

2.1.1 Komponen Komposit

a) *Reinforced*

Reinforced terdiri dari ratusan bahkan ribuan filamen, masing-masing filament memiliki diameter 5 sampai 15 μm , sehingga dapat diproses lebih lanjut (Gay, 2015).

Reinforced secara umum terdiri dari dua jenis yaitu:

1. *Reinforced* pendek, dengan panjang fraksi dalam milimeter atau beberapa centimeter. Contohnya *felts*, *mats*, dan *reinforced* pendek untuk *injection molding*.

2. *Reinforced* panjang, dipotong selama proses fabrikasi material komposit, biasanya berupa anyaman (*woven*).

Ditinjau dari pembuatannya, *reinforced* diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu *reinforced* sintetis dan *reinforced* alami. Kedua jenis *reinforced* itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. *Reinforced* sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan *reinforced* alami digunakan sebagai pengisi.

Reinforced alami merupakan *reinforced* yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, *reinforced* pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan *reinforced* alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi



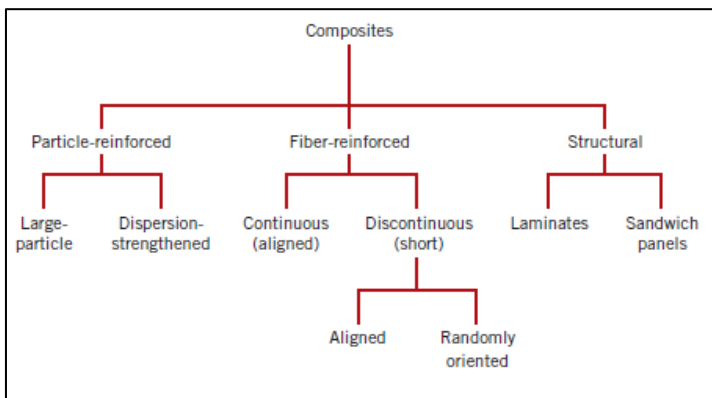
hanya penambah massa dari material komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya.

b) Matriks

Matriks merupakan fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau *reinforced* bersama-sama. Matriks merupakan kontituen penyusun komposit yang berperan sebagai pengikat atau penyangga yang menjaga kedudukan antar fasa penguat. Karakteristik yang harus dimiliki matriks umunya adalah ulet, kekuatan dan rigiditas rendah apabila dibandingkan penguat. Matriks harus mampu membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar. Bahan matriks yang umum digunakan pada komposit adalah matriks logam, matriks polimer, dan matriks keramik.

2.1.2 Komposit Partikulat

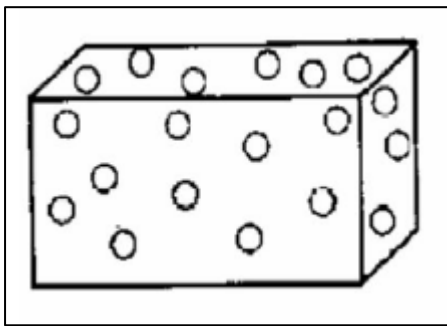
Komposit berdasarkan jenis filler nya terbagi menjadi tiga macam yaitu komposit partikulat, komposit *serat*, dan komposit struktural. Gambar 2.1 menunjukkan klasifikasi komposit.



Gambar 2.1 Skema Klasifikasi Beberapa Tipe Komposit
(Callister, 2007)

Large particle dan *Dispersion-strengthened* adalah subklasifikasi dari *particle-reinforced composite*. Perbedaan dari kedua jenis komposit ini ada pada mekanisme penguatannya. Pada komposit *large particle* interaksi antara partikel dan matrix nya tidak dapat dilakukan pada level atomik ataupun molekular. *Particle-reinforced composite* biasanya lebih keras dan lebih kaku dari material matrix nya. Partikel penguat cenderung menahan gerakan pada fasa matrix di setiap partikel. Kenaikan *properties* mekanik dari komposit tergantung pada seberapa kuatnya ikatan antara *interface* antara *matrix* dan partikel nya.

Untuk *dispersion-strengthened composite interface* antara matrix dan partikel yang menyebabkan penguatan terjadi pada level atomik atau molekular. Mekanisme penguatannya mirip dengan *precipitation hardening* di mana matrix menerima sebagian besar tegangan yang diberikan lalu partikel-partikel kecil terdispersi menghalangi gerakan dislokasi. Maka dari itu, kekerasan dan kekuatan tarik dari komposit tersebut akan naik. (Wessel, 2004)



Gambar 2.2 Sketsa Komposit Partikel (Wessel, 2004)

Gambar 2.2 menunjukkan skema komposit partikel. Komposit jenis partikel biasa digunakan pada bahan konstruksi karena memiliki beberapa keunggulan seperti memiliki kekuatan yang seragam pada segala arah, dan meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada material dengan tetap menjaga berat yang ringan.

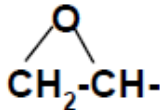


2.2 Epoksi

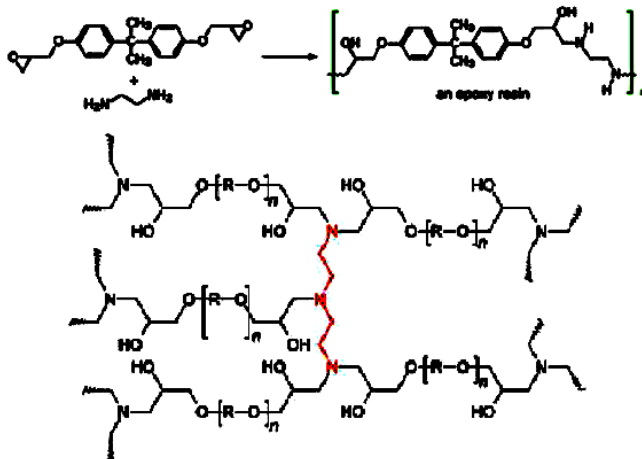
Penemuan Epoksi polimer memiliki sejarah yang panjang. Tahun 1936, ketika Dr. Pierre Castan dari Swiss berhasil melakukan sintesis sebuah epoksi resin berbasis bisphenol A yang dikeraskan dengan *phthalic acid anhydride*. Kemudian temuan tersebut dipatenkan oleh Ciba, Ltd. dari Switzerland yang kemudian menjadi salah satu dari tiga perusahaan penghasil Epoksi resin terbesar di dunia. Kemudian pada 1939, Dr. S.O. Greenlee dari Amerika Serikat, mengembangkan epoksi resin dari *epichlorohydrin* dan *diglycidyl ether of Bisphenol A* (DGEBA), yang digunakan hingga saat ini. Tujuan utama pengembangan epoksi resin sendiri adalah untuk menemukan *binding agent* (zat pengikat) untuk pelapisan yang memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap zat alkali. Namun tidak lama kemudian, terbukti jika epoksi juga memiliki keunggulan sifat lainnya yang signifikan, tidak hanya ketahanan zat alkali saja. Saat ini, epoksi memiliki peran penting dalam bidang konstruksi pesawat terbang, elektronik, industri otomotif, peralatan makanan, farmasi, manufaktur, industri kelautan dan lepas pantai. Pada umumnya, orang lebih mengenal kata epoksi dan dihubungkan dengan sesuatu yang kuat. Pada 1960, Nils Malmgren dan Curt Augustsson mulai untuk meformulasikan dan menghasilkan produk berbahan dasar epoksi dengan penguatnya (*hardener*) (Augustsson.2004).

2.2.1 Struktur Kimia Epoksi

Resin Epoksi didefinisikan sebagai molekul yang memiliki lebih dari satu gugus epoksi yang dapat dikeraskan sehingga menjadi plastik yang dapat digunakan. Gugus epoksi, yang dapat disebut juga sebagai gugus *glycidyl*, yang menjadi alasan utama pemberian nama Epoksi. Epoksi berasal dari oksigen yang berikatan dengan rantai karbon yang disebut *oxide*. Awalan *epi* yang memiliki arti “di luar” serta akhiran *oksi* yang berarti oksigen. Gambar 2.3 menunjukkan gugus epoksida pada epoksi.



Gambar 2.3 Gugus Epoksi (Augustsson, 2004)



Gambar 2.4 Gugus Epoksida pada Resin Epoksi
(Augustsson, 2004)

Epoksi diperoleh dari reaksi kimia dasar dari bahan yang sudah ada, seperti pada gambar 2.4. Dengan memvariasikan campuran antara bisphenol A dan epiklorohidrin, beragam variasi berat molekul epoksi dapat diperoleh (Augustsson.2004).

2.2.2 Sifat Epoksi

Sifat dari resin tergantung pada beberapa faktor seperti struktur pra-polimer, curing agent, stokiometri antara resin dan pengerasnya (hardener), waktu untuk curing, serta temperatur curing. Secara umum, tanpa memperhatikan jenis dan jumlah hardener, waktu dan temperatur curing, resin epoksi menunjukkan kekuatan dan modulus yang tinggi, serta memiliki sifat ketahanan aus dan ketahanan retak yang tinggi. Epoksi resin juga memiliki



sifat listrik yang baik, dengan resistivitas yang tinggi, kekuatan dielektrik dan track resistance yang baik terutama pada kelembaban tinggi. Stabil pada temperatur tinggi dan tahan lama. Epoksi resin juga mampu diproses dengan berbagai teknik termoset dengan sedikit penyusutan dan tidak mudah menguap selama proses curing. Pada umumnya Epoksi resin memiliki ketahanan yang baik serta stabilitas dimensi yang baik, akan tetapi aromatik resin rentan terhadap degradasi sinar UV dan juga jenis pelapukan yang lainnya (Vaughan, 2009). Epoksi juga memiliki kekuatan lentur sebesar 60 Mpa (Marciano, 2012). Berikut adalah tabel 2.2 beberapa karakteristik resin epoksi:

Tabel 2.2 karakteristik resin epoksi (Electrolube, 2013)

No.	Karakteristik	Nilai
1	Density (part A)	1,16 g/ml
2	Density (part B)	0,97 g/ml
3	Shrinkage	0,5 %
4	Shore Hardness	D80
5	Water Absorption	< 0,5 % / < 1 %

2.3 Resin Melamin

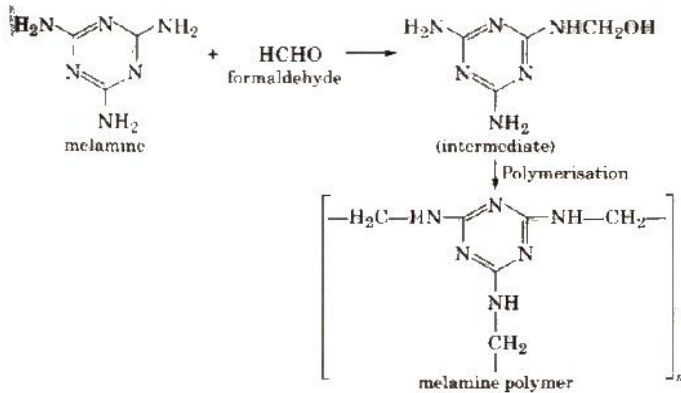
Resin melamin-formaldehida diperkenalkan di Jerman oleh Henkel pada tahun 1935. Resin ini termasuk dalam golongan resin amino yang diproduksi melalui reaksi polikondensasi antara melamin dan formaldehida. Dibanding resin amino lainnya, seperti resin urea-formaldehida, mempunyai kelebihan yakni transparan; kekerasan(hardeness) yang lebih baik; stabilitas termal yang tinggi; tahan terhadap air, bahan kimia, dan goresan; dan bersifat sebagai *flame retardant*. Dari kelebihan ini, penggunaan resin ini sangat luas, seperti pada industri perekat, tekstil, laminasi, kertas, pelapisan permukaan (*surface coatings*), *moulding* dan sebagainya (Wypych, 2016). Sifat dari Resin Melamin dapat dilihat pada Tabel 2.3:



Tabel 2.3 Sifat mekanik dan sifat fisis dari material Melamina (Wypych, 2016)

Property	Value
Density	1.574 g/cm ³
Melting Point	345 °C
Tensile Strength: Ultimate (UTS)	30 MPa
Thermal Conductivity	0.5 W/m-K
Elongation at Break	1.0 %

Melamine adalah jenis polimer yang termasuk ke dalam jenis *thermoseting*. *Melamine* memiliki sifat yang keras dan getas. *Melamine* sering digunakan sebagai material untuk peralatan makan, seperti piring, gelas, dan mangkok. *Melamine* dapat terbentuk dari reaksi antara *cyanuric acid* yang akan dikondensasi dengan *ammonia* untuk membentuk *melamine*. (Krik-Othmer, 1978). Sedangkan untuk *melamine* resin terbentuk dari senyawa *formaldehyde* dan *melamine* dimana senyawa *formaldehyde* berfungsi sebagai *crosslinker*. (David, 1986). Melamin memiliki nilai *Flexural Strength* sebesar 62-110 MPa (Siwadamrongpong, Surane University of Technology). Berikut adalah gambar 2.5 reaksi pembuatan melamin :



Gambar 2.5 Reaksi Pembuatan *Melamine* Resin

Tabel 2.4 Sifat Fisik dan Mekanik dari *Melamine*(substance and Tech.)

Thermoset				
Melamine Formaldehyde (MF), cellulose filled				
Property	Value in metric unit		Value in US unit	
Density	1.55 *10 ³	kg/m ³	96.8	lb/ft ³
Modulus of elasticity	12	GPa	1800	ksi
Tensile strength	65	MPa	9500	psi
Elongation	0.6	%	0.6	%
Flexural yield strength	140	MPa	20000	psi
Compressive strength	240	MPa	35000	psi
Thermal expansion (20 °C)	29*10 ⁻⁶	°C ⁻¹	16*10 ⁻⁶	in/(in* °F)
Maximum work temperature	150	°C	300	°F

2.4 Batu Alam

Batu alam adalah suatu gabungan hablur mineral yang bersatu dan memadat, sehingga memiliki derajat kekerasan tertentu, yang berbentuk secara alamiah melalui proses pelelehan,

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



pembekuan, pengendapan dan perubahan alamiah lainnya. Berdasarkan cara pembentukannya batuan dapat dibedakan menjadi:

- a. Batuan Beku
Terbentuk dari bermacam-macam kristal dan fasa cair. Batuan ini hampir selalu tidak berlapis
- b. Batuan Sedimen
Pada umumnya berupa butiran-butiran, mulai yang sangat halus sampai yang kasar. Seringkali terikat satu sama lain oleh massa antara butiran-butiran. Komponen-komponen batu sedimen berasal dari batuan beku atau batuan metamorf.
- c. Batuan metamorf
Batuan metamorf terbentuk dari batuan sedimen atau batuan beku yang telah mengalami diagenesis, kemudian berubah lebih lanjut dibawah pengaruh temperatur dan tekanan tinggi.

Batuan alam dapat digunakan sebagai bahan bangunan, tetapi harus memenuhi syarat-syarat sebagaimana Tabel 2.4 :



Tabel 2.5. Syarat Mutu Batu Alam Untuk Bahan Bangunan

Sifat-sifat	Batu Alam Untuk					
	Pondasi Bangunan			Tong gak dan batu tepi jalan	Penu tup Lantai atau Tro toir	Bat u Hias atau Tem pel
	Be rat	Se dang	Ri ngan			
Kuat Tekan rata-rata minimum, Kg/cm ²	1500	1000	800	500	600	200
Ketahanan Hancur Rudelhof						
a. Index minimum	-	-	-	-	-	-
b. Bagian tembus 2mm maksimum %	-	-	-	-	-	-
Ketahanan geser Los Angeles, bagian tembus 1,7mm maksimum %	27	40	50	-	-	-
Ketahanan aus gesekan dengan Bauschinger, mm/menit, maksimum	-	-	-	-	0,16	-
Penyerapan air maksimum %	5	5	8	5	5	5* 12**
Kekekalan bentuk, dgn Na ₂ SO ₄ bagian :						
a. Hancur, maksimum %	12	12	12	12	12	12
b. Retak/Pecah/cacat						

* Untuk tempat yang terlindung air;

** Untuk tempat yang tidak terlindung/konstruksi luar (terbuka)

Sumber : SNI 03-6861.1-2002



Salah satu jenis batu alam ialah marmer. Marmer adalah batuan kristalin yang berasal dari batuan gamping. Marmer yang murni berwarna putih dan terutama di susun oleh mineral kalsit. Sifat mekanik yang dimiliki batu marmer adalah seperti pada table 2.6 berikut (Rina Pritria, 2008).

Tabel 2.6 sifat mekanik batu marmer (Rina Pritria, 2008).

Sifat Fisis	Nilai
Kerapatan (g/cm^3)	2,71
Kekerasan SM (Skala Mosh)	4,32
Kuat Tekan ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)	880,63
Kuat Tarik ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)	57,76

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Priyo Subekti di PT Sucofindo Jakarta menyebutkan bahwa komposisi yang terkandung dalam limbah marmer adalah senyawa CaO dengan kadar 52.69% , CaCO_3 , 41.92% , MgO 0.84% , MgCO_3 1.76% , SiO_2 1.62% , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.37% dari hasil ini terlihat komposisi utama limbah marmer adalah zat kapur (Ca). (Sri Utami, 2010).

2.5 Lantai

Lantai adalah bagian dasar sebuah ruang, yang memiliki peran penting untuk memperkuat eksistensi obyek yang berada di dalam ruang. Fungsi lantai secara umum adalah: menunjang aktivitas dalam ruang dan membentuk karakter ruang. Ketika orang berjalan di atas lantai, maka karakter yang muncul adalah: tahan lama, tidak licin dan berwarna netral (tidak dominan). Lantai rumah digunakan untuk meletakkan barang-barang seperti kursi, meja, almari, dan sebagainya serta mendukung berbagai aktivitas seperti berjalan, anak-anak berlari, duduk di lantai. Dilihat dari sisi struktur, beban yang diterima oleh lantai kadang cukup besar, misalnya ketika kita memindahkan benda berat seperti almari



dengan cara menyeretnya. Dengan demikian lantai memiliki peran penting mendukung beban-beban langsung dari barang-barang dan aktivitas di atasnya. Dari sisi estetika, lantai berfungsi untuk memperindah ruang dan membentuk karakter ruang. (Merritt, 2000)

Berdasarkan SNI 03-1331-2001 syarat mutu dari ubin mosaik yaitu;

1. Keadaan permukaan
Permukaan ubin tidak boleh menunjukkan cacat seperti; badan membengkok, retak-retak, gelembung-gelembung, noda-noda pada permukaan bahan
2. Toleransi ukuran
Penyimpangan ukuran mosaik harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.7 yaitu;

Tabel 2.7 Toleransi Ukuran Ubin Mosaik

Ukuran Sisi (mm)	Toleransi	Perbedaan ukuran sisi mosaik terbesar dan terkecil tiap 1 m ² maksimum
>50	±2.0	2.0
25-50	±1.5	2.0
≤25	±1.0	1.0
tebal	± 0.2	-

3. Penyerapan air
Daya serap air tidak boleh melebihi ketentuan yang tercantum pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Toleransi Penyerapan Air Ubin Mosaik

Jenis Ubin Mosaik	Penyerapan Air (%)
Porselen	$PA \leq 3.0$
<i>Stone ware I</i>	$3.0 \leq PA < 6.0$
<i>Stone ware II</i>	$6.0 \leq PA < 10$
<i>Earthen ware</i>	$PA > 10$



4. Kekerasan
Kekerasan mosaik berglasir minimum 5 skala Moh's dan tidak berglasir minimum 6 skala Moh's
5. Kuat lentur
Kuat lentur mosaik rata-rata minimum $/\text{cm}^2$ dan tiap contoh yang diuji minimum $200 \text{ kg}/\text{cm}^2$
6. Ketahanan terhadap gesekan
Kehilangan berat setelah diuji maksimum 0.1 gram

Pengujian ketahanan terhadap UV/Cuaca juga dilakukan untuk mengetahui ketahanan material terhadap paparan sinar UV, kondisi cuaca dan kelembaban selama waktu pengujian. Waktu pengujian yang dilakukan adalah 200 jam. Lalu dilihat pengaruhnya terhadap perubahan sifat mekanik yang terjadi pada material.

Indeks Sinar UV ialah indeks dari besarnya dosis radiasi sinar UV yang masuk ke bumi. Untuk penjelasan indeks sinar UV dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut ini :

Tabel 2.9 Indeks sinar UV

TABLE 2-B The UV Index: Minutes to Burn for the Most Susceptible Skin Type.			
UVI value	Exposure category	Description	Minutes to burn
0–2	Low	Low danger from the Sun's UV rays for the average person.	>60
3–5	Moderate	Moderate risk from unprotected Sun exposure. Take precautions during the mid-day when Sun is strongest.	40–60
6–7	High	Protection against sunburn is needed. Cover up, wear a hat and sunglasses, and use sunscreen.	25–40
8–10	Very High	Try to avoid the Sun between 11 AM and 4 PM. Otherwise, cover up and use sunscreen.	10–25
11–15	Extreme	Take all precautions. Unprotected skin will burn in minutes. Do not pursue outdoor activities if possible. If out of doors, apply sunscreen liberally every 2 hours.	<10

Copyright © 2010 Pearson Prentice Hall, Inc.

Ketika radiasi matahari menyerang permukaan polimer, foton dengan kekuatannya yang khas dapat menyebabkan serangkaian reaksi dan akhirnya mendegradasi sifat polimer.



Kekuatan sinar UV di siang hari juga cukup untuk memecah ikatan kimia dari polimer (Sudhabindu, 2017).

2.6 Penelitian Sebelumnya

Jumlah plastik yang setiap hari nya terus bertambah dapat menjadi masalah kesehatan dan sosial yang besar. Tempat-tempat pembuangan akhir di kota-kota besar mulai kelebihan kapasitas dan tidak dapat menampung jumlah plastik lagi. Pendaauran ulang plastik juga dinilai belum efektif karena jumlah plastik yang didaur ulang masih jauh lebih sedikit dari plastik yang dibuang setiap harinya.

Ilmuwan di dunia telah mengembangkan solusi dan metode pengolahan sampah plastik dengan cara yang efektif, efisien dan biaya yang murah. Para ilmuwan telah menemukan tipe baru dari proses engineering yang menggabungkan *sustainable engineering* dan *green engineering*. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah plastik terhadap lingkungan selain itu juga dapat memaksimalkan keuntungan yang memberikan dampak positif terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Pemanfaatan penambahan plastik juga tidak hanya dapat dimanfaatkan menjadi material konstruksi dan jjalanan seperti aspal dan beton. Ilmuwan dari *Central Building Research Institute* di India memanfaatkan plastik untuk estetika pada pembuatan ubin. Mereka telah mengembangkan ubin jenis baru bernama *Polymers Modified Cementitious Tiles* atau *Polycem Tiles*. Teknik kompaksi dengan tekanan yang tinggi digunakan dalam pembuatan ubin jenis ini untuk mendapatkan ubin dengan kepadatan yang tinggi. Hasilnya adalah dihasilkan ubin jensi baru yang memiliki keunggulan dengan naiknya *physici-mechanical properties* dari ubin tersebut. Melalui studi DTA dan SEM diperoleh informasi bahwa hal tersebut dikarenakan adanya interaksi dari polimer dengan Ca^{2+} yang terbentuk ketika proses hidrasi semen (Asthana, 2004).



Selain itu, pengamatan sifat mekanik terhadap pengaruh penggunaan serbuk granit dan resin epoksi dilakukan di universitas *federal de Sergipe*, Brazil. Batu alam yang digunakan ialah jenis granit yang berasal dari daerah Nossa Senhora da Glória, di negara bagian Sergipe, Brazil. Dari pengujian mekanik yang dilakukan, didapatkan bahwa terjadi peningkatan terhadap sifat kuat lentur ketika dilakukan penambahan 50% serbuk granit terhadap komposit epoksi- serbuk granit. Dan juga pada penambahan resin epoksi 50%, meningkatkan kekerasan komposit 87,3 shore D (Goncalves, 2014).

Pengamatan sifat mekanik komposit menggunakan marmer statuary juga dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan dengan mengamati pengaruh variasi ukuran partikel terhadap sifat mekanik komposit. Dari pengujian mekanik yang dilakukan, didapatkan bahwa penggunaan agregat marmer dengan ukuran 140 mesh memiliki kekuatan lentur dan kekerasan yang paling tinggi, yaitu 38,89 N/mm² dan 48,33 HB. Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang halus dan distribusi partikel yang merata (Mahayatra, 2013).

Penelitian menggunakan agregat melamin juga dilakukan, untuk melihat pengaruh penggunaan limbah melamin terhadap sifat mekanik dan sifat fisis dalam pembuatan komposit beton. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa semakin meningkatnya agregat halus limbah melamin yang digunakan, menaikkan kompresi dari komposit beton. Selain itu, daya serap air dari komposit juga meningkat seiring bertambahnya penggunaan agregat limbah melamin. (Chaitongrat, 2016)

Melalui referensi penelitian-penelitian sebelumnya, riset ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk meningkatkan performa dari material bangunan khususnya *tile* dengan pemanfaatan plastic sebagai penguat. Diharapkan melalui riset ini didapatkan solusi yang mudah, efektif, dan efisien untuk pengolahan limbah plastik yang ramah lingkungan dan mampu mengurangi plastik dalam jumlah yang besar. Penelitian ini juga dapat dijadikan referensi yang baik untuk perkembangan industri



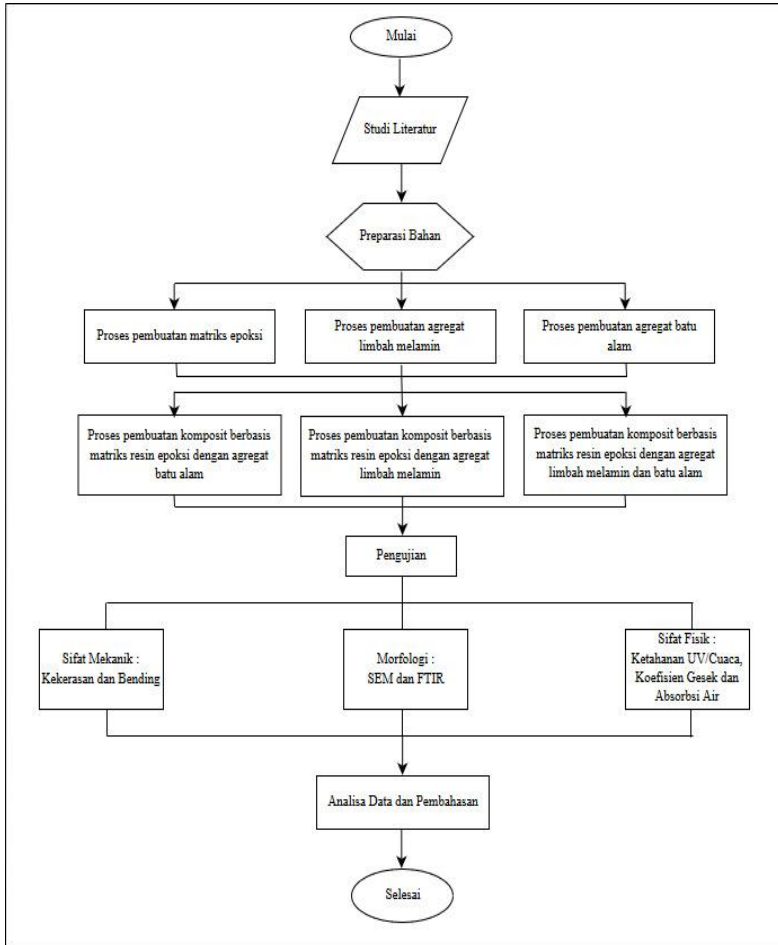
pengolahan limbah plastik yang dapat memberikan dampak sosial dan ekonomi yang positif.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



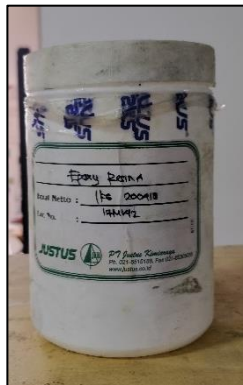
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Resin Epoksi

Epoksi merupakan bahan polimer yang berfungsi sebagai matriks dalam pembentukan komposit serat karbon. Epoksi didapatkan dari Justus Kimiaraya. Gambar 3.2 menunjukkan resin epoksi yang digunakan.



Gambar 3.2 Resin Epoksi

2. Limbah Melamin

Gambar 3.3 menunjukkan limbah melami yang digunakan.



Gambar 3.3 Limbah Melamin

3. Batu Alam Marmer

Gambar 3.4 menunjukkan batu alam yang digunakan.



Gambar 3.4 Batu Alam Marmer

3.2.2 Peralatan Penelitian

1. Cetakan

Gambar 3.5 menunjukkan cetakan pembuatan spesimen yang digunakan.



Gambar 3.5 Cetakan pembuatan spesimen

2. Timbangan Digital

Gambar 3.6 menunjukkan timbangan yang digunakan.



Gambar 3.6 Timbangan Digital



3. Gergaji
Gergaji digunakan untuk memotong spesimen
4. Penggaris
Penggaris digunakan untuk mengukur spesimen.
5. Gunting
Gunting digunakan untuk memotong spesimen
6. Sendok
Sendok digunakan untuk pengambilan bahan pembuatan spesimen yang berwujud cair.
7. Mesin Uji SEM
Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Departemen Material FTI ITS, yang dapat dilihat pada gambar 3.7 :



Gambar 3.7 Mesin *Scanning Electron Microscope*

8. Mesin Uji FTIR
Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material ITS, yang dapat dilihat pada gambar 3.8 :



Gambar 3.8 Mesin FTIR

9. Mesin Uji Bending

Mesin uji bending yang digunakan milik laboratorium Farmasi Universitas Airlangga, yang dapat dilihat pada gambar 3.9 :



Gambar 3.9 Mesin Uji *Bending*

10. Coefficient Friction Tester

Alat yang digunakan milik laboratorium Material Inovatif, Departemen Material FTI, ITS.



11. Oven

Gambar 3.10 adalah oven yang digunakan untuk mengeringkan spesimen uji *absorbability* yang telah direndam air selama 24 jam.



Gambar 3.10 Oven

12. Shore Durometer

Gambar 3.10 merupakan alat yang digunakan untuk menguji kekuatan *hardness* material.



Gambar 3.11 Durometer Hardness



3.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat limbah melamin dan batu alam, dan variabel terikat pada penelitian ini adalah resin epoksi (A50 : B 50). Untuk lebih rinci dapat dilihat pada table 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Variabel penelitian

No.	Epoksi (A 50 : B 50) (%)	Limbah Melamin (%)	Batu Alam (%)
1	30	0	70
2	30	70	0
3	30	35	35
4	40	0	60
5	40	60	0
6	40	30	30
7	50	0	50
8	50	50	0
9	50	25	25
10	100	0	0

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan ini penting dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan.



3.4.1.1 Pembuatan Agregat Limbah Melamin dan Batu Alam

1. Menyiapkan limbah melamin.
2. Menghancurkan limbah melamin menggunakan alat penumbuk.
3. Setelah berukuran kecil, melamin dihaluskan menggunakan blender.
4. Mengayak melamin yang telah diblender, agar mendapat agregat limbah melamin dengan ukuran 100-140 *mesh*.
5. Menghancurkan batu alam menggunakan alat penumbuk hingga halus.
6. Mengayak batu alam agar mendapatkan agregat batu alam dengan ukuran 100-140 *mesh*.

3.4.1.2 Pembuatan Komposit

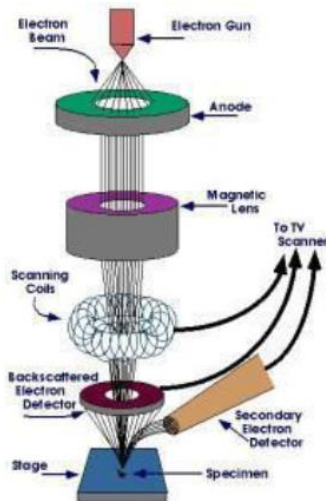
1. Menimbang massa dari resin epoksi A dan B, sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
2. Menimbang massa dari agregat limbah melamin dan batu alam sesuai dengan komposisi yang diinginkan
3. Menuangkan agregat ke dalam wadah yang berisi resin epoksi A, lalu diaduk menggunakan *steerer*
4. Menuangkan resin epoksi B ke dalam wadah yang berisi campuran resin epoksi A dan agregat, setelah itu diaduk menggunakan *steerer*.
5. Setelah itu, menuangkan komposit ke dalam cetakan yang tersedia.
6. Menunggu waktu *curing* komposit selama 24 jam.
7. Melakukan pembuatan komposit untuk 10 komposisi

3.4.2 Proses Pengujian

3.4.2.1 Pengujian SEM

Scanning Electron Microscope adalah jenis mikroskop elektron yang memanfaatkan sinar elektron berenergi tinggi dalam

pola raster scan sehingga dapat menampilkan gambar morfologi sampel. Cara kerja SEM adalah dengan menembakkan elektron dari *electron gun* lalu melewati *condensing lenses* dan pancaran elektron akan diperkuat dengan sebuah kumparan, setelah itu elektron akan difokuskan ke sampel oleh lensa objektif yang ada di bagian bawah. Pantulan elektron yang mengenai permukaan sampel akan ditangkap oleh *backscattered electron detector* dan *secondary electron detector* yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk gambar pada display. Skema prinsip kerja SEM ditunjukkan pada **Gambar 3.12**



Gambar 3.12 Prinsip Kerja SEM

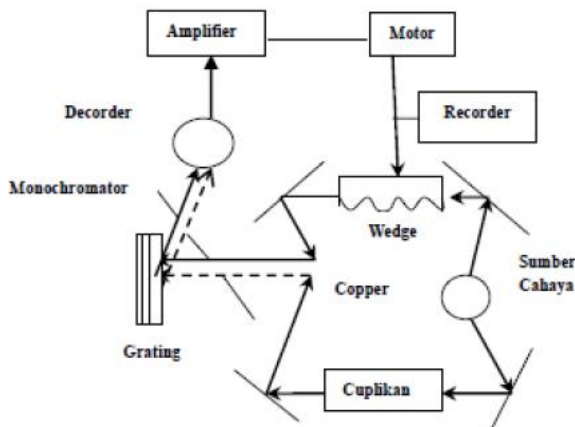
Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material. Standar yang digunakan adalah ASTM E986. Mesin SEM yang digunakan adalah Inspect S50. Sampel yang digunakan berupa lembaran yang dilengketkan pada *holder* dengan menggunakan selotip karbon *double tape*. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis *autofine-coater* JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan



lapisan tipis Au-Pd (80:20). Lalu, sampel dimasukkan dalam *specimen chamber* pada alat SEM.

3.4.2.2 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Skema dari mesin FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.12 Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati *chopper*. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh *rekorder*. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.



Gambar 3.13 Skema Uji FTIR



Spesimen yang digunakan untuk pengujian FTIR berupa cuplikan kecil dari material yang dibuat. Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet IS10. Sampel diletakkan *sample holder*, kemudian *detector* didekatkan pada sampel. Pastikan sampel uji memiliki permukaan yang rata dan ketebalan yang sama.

3.4.2.3 Pengujian *Bending*

Pengujian kelenturan dilakukan untuk mendapatkan informasi kekuatan material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode three point bend, dengan cara spesimen diletakkan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan di tengah spesimen. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji bending di Universitas Airlangga Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2}$$

Keterangan :

σ_f = Kekuatan Lentur (Kg/cm²)

L = Support span (cm)

P = Beban patah (Kg)

b = lebar spesimen (cm)

d = tebal spesimen (cm)

3.4.2.4 Pengujian Absorpsi Air

Pengujian Angka penyerapan digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering, ketika agregat tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh.. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering ke dalam air selama (24+4) jam. Agregat yang diambil dari bawah muka air tanah akan



memiliki nilai penyerapan yang lebih besar bila tidak dibiarkan mengering. Sebaliknya, beberapa jenis agregat mungkin saja mengandung kadar air yang lebih kecil bila dibandingkan dengan yang pada kondisi terendam selama 15 jam. Untuk agregat yang telah kontak dengan air dan terdapat air bebas pada permukaan partikelnya, persentase air bebasnya dapat ditentukan dengan mengurangi penyerapan dari kadar air total.

3.4.2.5 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk menganalisis tingkat kekerasan dari sampel komposit. Dimensi spesimen dan prosedur yang dilakukan menggunakan sumber acuan standar ASTM D2240 - Durometer Hardness. Dimana ketebalan minimal sampel yaitu 6 mm. Durometer ini bekerja mengukur ketahanan material terhadap penetrasi indentor seperti jarum berpegas. Skala yang digunakan pada pengujian ini adalah dalam nilai Shore D. Alat durometer dapat dilihat pada Gambar 3.14.

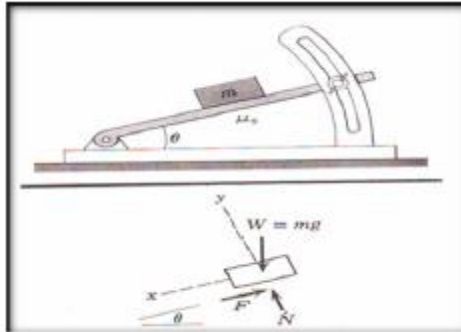


Gambar 3.14 Alat Durometer Shore D Hardness Test

3.4.2.6 Pengujian Koefisien Gesek

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis nilai koefisien gesek dari sampel komposit. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM C1028-07e1. Pengukuran koefisien ini menggunakan alat

coefficient friction tester. Benda uji diletakkan pada alat, dimana alasnya menggunakan jenis yang sama dengan benda yang akan di uji. Nilai dari koefisien gesek adalah tangen dari sudut kemiringan (θ) saat benda uji mulai bergerak. Skema pengujian ditunjukkan pada gambar 3.15 .



Gambar 3.15 Skema pengujian koefisien gesek

3.4.2.7 UV/Weathering Resistance Testing

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis ketahanan material sampel komposit terhadap sinar UV dan cuaca. Standar pengujian ini mengacu kepada ASTM D4329-05. Sampel komposit yang akan di uji dijemur diruangan terbuka selama 200 jam, untuk melihat ketahanan komposit terhadap sinar matahari/cuaca. Setelah dijemur, dilakukan pengujian mekanik terhadap sampel. Lalu, hasil pengujian mekanik sebelum dijemur dan setelah dijemur dibandingkan, dan dilihat perubahan nilai pada masing-masing sampel.

3.5 Rancangan Penelitian

Berikut adalah tabel 3.2 rancangan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian kali ini, :



No.	Epoksi (%)	Melamin (%)	Batu Alam (%)	Pengujian						
				SEM	FTIR	Bending	Hardness	Serap air	Koef. Gesek	Tahan UV/Cuaca
1	30	0	70			V	V	V	V	V
2	30	70	0			V	V	V	V	V
3	30	35	35			V	V	V	V	V
4	40	0	60			V	V	V	V	V
5	40	60	0			V	V	V	V	V
6	40	30	30			V	V	V	V	V
7	50	0	50		V	V	V	V	V	V
8	50	50	0		V	V	V	V	V	V
9	50	25	25	V	V	V	V	V	V	V
10	100	0	0	V	V					

Tabel 3.2 Rancangan Penelitian

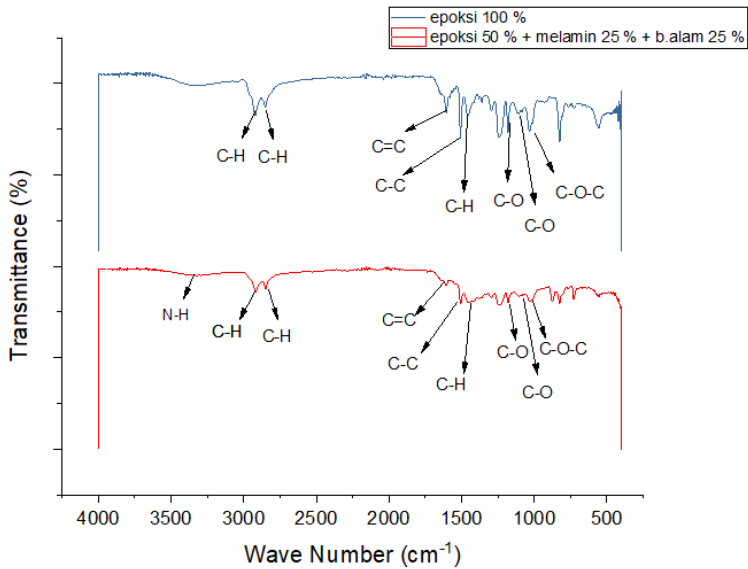
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pencampuran antara resin epoksi, limbah melamin dan batuan alam jenis marmer. Dari proses pembuatan tersebut diperoleh material komposit dengan matriks Epoksi dengan agregat partikulat limbah melamin dan batu alam. Komposisi matriks dengan pengisinya adalah 30:70, 40:60, dan 50:50. Komposisi agregat yang digunakan ialah 70% batu alam, 70 % melamin, 35 % batu alam + 35% melamin, 60 % batu alam, 60% melamin, 30% batu alam+ 30% melamin, 50% batu alam, 50% melamin, dan 25% batu alam + 25% melamin. Hasil dari pencampuran tersebut dipreparasi dan kemudian dilakukan karakterisasi dan analisis sebagai berikut.

4.1 Analisis FTIR

Analisis FTIR ini bertujuan untuk mengamati gugus fungsi serta ikatan kimia yang terbentuk pada material komposit Epoksi /Batu Alam/Melamin. Spektrum FTIR diperoleh dari permukaan spesimen material komposit Epoksi dengan komposisi 100% dan material komposit Epoksi/Batu Alam/Melamin dengan komposisi 50 % epoksi, 25% Batu K dan 25% melamin . Analisis dilakukan dengan membandingkan spektrum gugus fungsi keduanya. Berikut adalah gambar 4.1 hasil pengujian FTIR untuk spesimen komposit epoksi 100% dan spesimen komposit epoksi 50 % dengan agregat 25% batu alam + 25% agregat melamin :



Gambar 4.1 Hasil uji FTIR pada spesimen komposit epoksi 100 % dan menggunakan agregat 25% batu alam + 25% melamin

Tabel 4.1 Peak FTIR, Gugus Fungsi dan Jenis Ikatan pada Material Komposit Epoksi/Batu Alam/Melamin

Peak	Gugus Fungsi	Jenis Ikatan
3341,91	N-H	Sec. amine
2917,20	C-H	Alkana (-CH ₂ -)
2848,78	C-H	Alkana (-CH ₂ -)
1606,25	C=C	Aromatic Homocyclic
1506,09	C-C	Aromatic Homocyclic
1455,32	C-H	Alkana (-CH ₂ -)
1180,53	C-O	Ester
1105,05	C-O	Alkana



1030,96	C-O-C	Eter
826,50	C-O-C	Oxirane group

Pada gambar 4.1 grafik hasil uji FTIR untuk spesimen epoksi 100% dan penggunaan agregat 25% batu alam + 25% melamin. Dan dari dua gambar tersebut dibuat tabel 4.1 untuk memudahkan dalam mengolah data. Dari Tabel 4.1 terlihat beberapa daerah serapan yang dapat menunjukkan jika material adalah epoksi. Pada daerah serapan $2873\text{--}2965\text{ cm}^{-1}$, muncul gugus C-H dengan intensitas kuat. Daerah serapan 1608 cm^{-1} muncul gugus fungsi C=C yang memiliki intensitas kuat, dan 1509 cm^{-1} muncul gugus fungsi C-C. Pada daerah serapan 1448 cm^{-1} muncul gugus fungsi C-H. Pada daerah serapan 831 cm^{-1} muncul gugus fungsi C-O-C (Gonzalez, 2012). Unsur-unsur tersebut membuktikan bahwa material yang digunakan adalah epoksi.

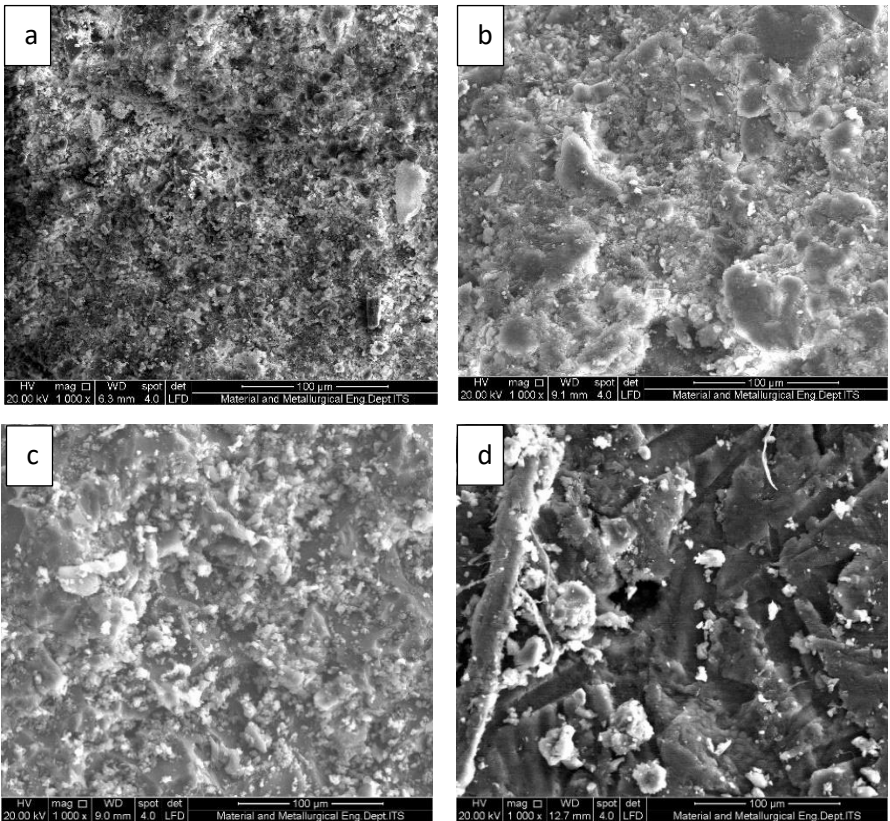
Dari tabel 4.1 juga terlihat beberapa daerah yang dapat menunjukkan material melamin. Pada daerah serapan 3330 cm^{-1} terdapat gugus fungsi N-H. Daerah serapan 1160 cm^{-1} juga terdapat gugus C-O. Pada daerah serapan 1060 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C-O-C (Abrose, 2013). Unsur-unsur diatas membuktikan bahwa material yang digunakan adalah melamin

Selain itu, dari hasil pengujian FTIR diatas, dapat dilihat bahwa tidak ditemukannya puncak baru yang berarti tidak terbentuk adanya ikatan baru pada proses pembuatan komposit epoksi/batu alam/limbah melamin.

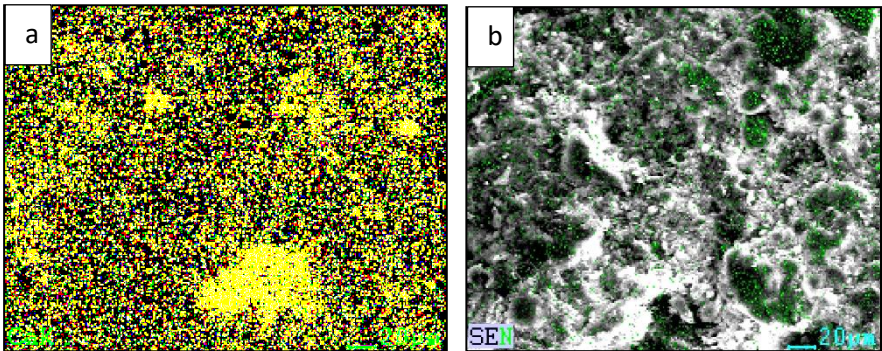
4.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Morfologi dari spesimen komposit epoksi/batu alam/melamin ditunjukkan drngan fotomikrograph *Scanning Electron Microscope*. Hasil morfologi ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material, FT- ITS. Spesimen SEM dilapisi dengan coating AuPd sebelum dimasukkan kedalam alat uji SEM.

Berikut adalah hasil pengujian SEM untuk material komposit epoksi/batu alam/melamin:



Gambar 4.2 Hasil SEM (a) komposit dengan agregat 50% batu alam (b) komposit dengan agregat limbah 50% melamin, c.) komposit dengan 100% epoksi dan d.) komposit dengan campuran agregat 25% melamin + 25% batu alam



Gambar 4.3 Hasil uji *elemental mapping* (a) Ca untuk spesimen dengan agregat 50 % batu alam (b) N untuk spesimen dengan agregat limbah melamin 50% dengan perbesaran 1000x

Dari gambar 4.2, dapat dilihat morfologi antara matriks epoksi dan agregat batu alam dengan komposisi 50 % batu alam dan 50% epoksi dan limbah melamin dengan komposisi 50% melamin dan 50% epoksi, serta spesimen dengan 100% epoksi. Dapat dilihat pada gambar bahwa perbedaan morfologi antara spesimen dengan epoksi 100 % dan komposit dengan 50 % limbah melamin. Namun, berbeda dengan komposit yang menggunakan agregat 50% batu alam, dimana morfologinya terlihat lebih seragam. Pada gambar 4.3, terlihat persebaran agregat batu alam dan melamin untuk komposit epoksi/batu alam/melamin. Pada komposit dengan agregat batu alam, dapat dilihat bahwa persebaran partikel agregat batu alam lebih merata. Selain itu, ukuran dari partikel agregat batu alam lebih halus dan homogen dibandingkan dengan agregat limbah melamin. Penyebaran agregat yang merata berpengaruh terhadap peningkatan nilai sifat mekanik material komposit (Helena, 2014). Pada komposit dengan menggunakan agregat limbah melamin dan campuran agregat batu alam dan limbah melamin, dapat dilihat bahwa persebaran partikel agregat yang kurang merata, serta ukuran partikel melamin terlihat



lebih kasar dan tidak homogen. Selain itu, pada gambar 4.2 dapat dilihat morfologi yang berbentuk tidak seragam pada komposit yang menggunakan agregat 50 % melamin. Ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dan sifat fisis dari material. Pada komposit dengan agregat 25% limbah melamin + 25% batu alam, dapat dilihat morfologi yang berbeda dari dua variasi komposisi sebelumnya. Hal ini dapat berpengaruh pada sifat mekanik yang akan di uji pada komposit epoksi/batu alam/melamin.

4.3 Uji Bending

Komposit pada penelitian ini juga membutuhkan pengujian mekanik termasuk pengujian bending guna mengetahui kemampuan mekanik komposit yang digunakan dalam penelitian ini sehingga dapat diaplikasikan pada material *tile*.

Uji bending komposit ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Airlangga Surabaya. Dari pengujian kuat lentur yang dilakukan, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil uji kuat lentur menggunakan agregat batu alam

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Nilai kuat lentur (Mpa)
1	30	70	194,05
2	40	60	141,93
3	50	50	158,3

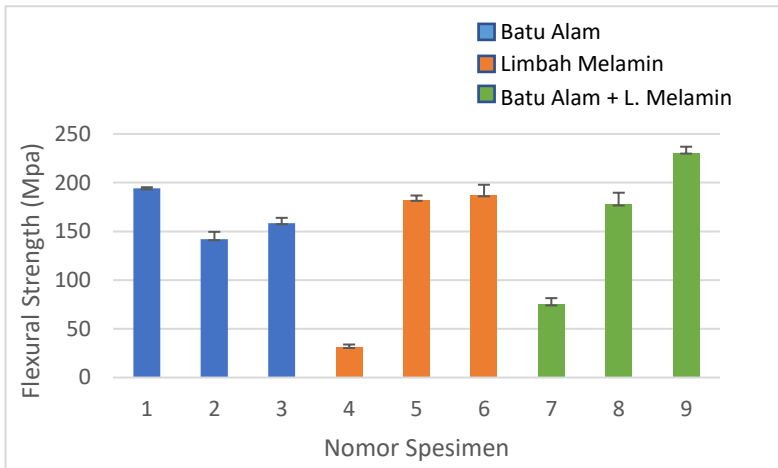
Tabel 4.3 Hasil uji kuat lentur menggunakan agregat limbah melamin

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat melamin (%)	Nilai kuat lentur (Mpa)
4	30	70	31,3
5	40	60	182,3
6	50	50	187



Tabel 4.4 Hasil uji kuat lentur menggunakan agregat campuran batu alam dan limbah melamin

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Agregat Limbah Melamin (%)	Nilai kuat lentur (Mpa)
7	30	35	35	75
8	40	30	30	177,6
9	50	25	25	230



Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian bending

Dari hasil pengujian bending yang dilakukan pada komposit epoksi/batu alam/melamin, dapat dilihat Pada tabel 4.2 , tabel 4.3 dan tabel 4.4 bahwa nilai tertinggi diperoleh pada penggunaan agregat 25%melamin + 25% batu alam, yaitu 230 Mpa. Sedangkan nilai terendah didapat pada penggunaan agregat 70 % melamin, yaitu sebesar 31,3 Mpa. Pada gambar 4.4 juga dapat dilihat,bahwa semakin tinggi penggunaan agregat batu alam, maka cenderung semakin meingkatkan nilai kuat lentur komposit.



Sebaliknya, pada agregat melamin, semakin tinggi penggunaan agregat melamin maka semakin menurunkan nilai kekuatan lentur komposit. Semakin tingginya kekuatan lentur komposit yang menggunakan agregat batu alam seiring dengan bertambahnya komposisi penggunaan agregat batu alam, disebabkan oleh ukuran partikel batu alam yang halus, sehingga agregat batu alam dapat terdistribusi secara merata (Mahayatra, 2013). Semakin turunnya kuat lentur pada penggunaan agregat melamin seiring dengan bertambahnya komposisi penggunaan agregat melamin disebabkan karena bentuk partikel yang kasar dan ukuran partikel yang tidak homogen, sehingga agregat tidak terdistribusi secara merata dan ikatan antar partikel matriks dan agregat melamin tidak kuat. Hal serupa juga terjadi pada campuran agregat batu alam dan limbah melamin. Namun, penambahan penggunaan komposisi matriks epoksi pada komposit menyebabkan kenaikan nilai kuat lentur pada komposit dengan agregat melamin dan komposit dengan agregat campuran melamin dan batu alam. Ini disebabkan oleh penambahan polimer pada komposit yang dapat meningkatkan kekuatan bending, karena polimer dapat menjembatani *microcrack* dan mengurangi perambatannya saat pembebanan dilakukan (Dionys, van Gemert & Czarnecki, 2005).

Mengacu pada SNI 03-1331-2001, yaitu standar kuat lentur minimum yang dibutuhkan ialah 200 kg/cm^2 atau jika dikonversikan menjadi $19,6 \text{ Mpa}$. Maka dari itu, seluruh variasi komposisi komposit epoksi/batu alam/melamin memenuhi standar minimum untuk aplikasi lantai.

4.4 Uji Hardness

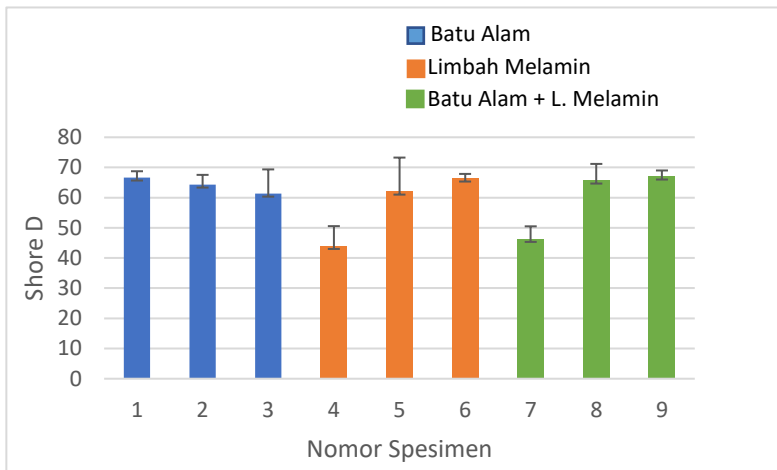
Sifat mekanik dari suatu material penting untuk diketahui agar dapat mengaplikasikan material tersebut sesuai dengan sifat dan kebutuhannya. Pada penelitian kali ini, dilakukan pengujian *hardness* untuk mengetahui pengaruh penambahan agregat batu alam dan limbah melamin terhadap sifat mekanik material komposit bermatriks epoksi. Pengujian tersebut dilakukan menggunakan durometer metode shore D dengan standar



pengujian ASTM D2240 menggunakan indentor tipe shore D. Pengujian dilakukan pada 3 titik indentasi pada masing-masing specimen, kemudian diambil nilai rata-rata pada masing-masing specimen dari hasil indentasi tersebut. Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian *hardness* :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Hardness*

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Agregat Limbah Melamin (%)	Nilai Uji.Hardness sebelum dijemur (Shore D)	Konversi ke skala Mohs
1	30	70	0	66,67	5
2	40	60	0	64,3	5
3	50	50	0	61,3	5
4	30	0	70	44	4
5	40	0	60	62	5
6	50	0	50	66,3	5
7	30	35	35	46,3	4
8	40	30	30	65,67	5
9	50	25	25	67	5



Gambar 4. 5 Grafik Uji *Hardness*

Data hasil pengujian *hardness* dapat dilihat pada tabel 4.5. Pada gambar 4.5, pada grafik uji *hardness*, didapatkan nilai *hardness* tertinggi terdapat pada komposit dengan menggunakan agregat 70% batu alam, dengan nilai 66,67 *shore D*. Sementara itu, komposit dengan nilai *hardness* terendah terdapat pada komposisi 70 % limbah melamin. Disisi lain, semakin meningkatnya penggunaan agregat batu alam, maka nilai *hardness* material semakin tinggi. Sebaliknya, meningkatnya penggunaan agregat limbah melamin semakin menurunkan nilai *hardness* komposit. Hal ini disebabkan bahwa ukuran partikel dari bahan agregat mempengaruhi kekerasan komposit, sebab semakin kecil dan homogen ukuran partikel bahan penyusun, maka semakin kuat ikatan yang terbentuk antar partikel bahan penyusun. Selain itu semakin kecil ukuran partikel maka distribusi partikel menjadi lebih baik (Kristianta, 2017). Komposit dengan agregat melamin dan komposit dengan campuran agregat batu alam dan limbah melamin memiliki ukuran partikel yang tidak homogen, menyebabkan ikatan yang terbentuk antar partikel bahan penyusun



tidak kuat, sehingga semakin banyak penggunaan agregat melamin maka semakin menurunkan sifat kekerasannya. Berbeda dengan penggunaan agregat batu alam, yang memiliki partikel lebih halus dan homogen, sehingga ikatan terbentuk semakin kuat seiring bertambahnya penggunaan agregat batu alam pada komposit epoksi/batu alam/melamin.

Mengacu pada SNI 03-1331-2001, hampir semua variasi komposisi mencapai standar kekerasan, yaitu 5 mohs. Kecuali untuk komposisi yang menggunakan agregat 70% melamin dan komposisi yang menggunakan agregat 35% batu alam + 35% limbah melamin, yang hanya mencapai kekerasan 4 mohs.

4.5 Uji Absorbsi Air

Pengujian absorpsi air dilakukan untuk mengetahui kemampuan serap air dari material komposit. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan selisih antara berat basah dan kering spesimen. Pengujian ini dilakukan menggunakan timbangan digital pada Laboratorium Material Inovatif Jurusan Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Dari hasil pengujian absorpsi air yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada tabel 4.6 , tabel 4.7 , dan tabel 4.8 :

Tabel 4.6 Hasil uji absorpsi air menggunakan agregat batu alam

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Nilai absorpsi air (%)
1	30	70	0,1
2	40	60	0,15
3	50	50	0,14

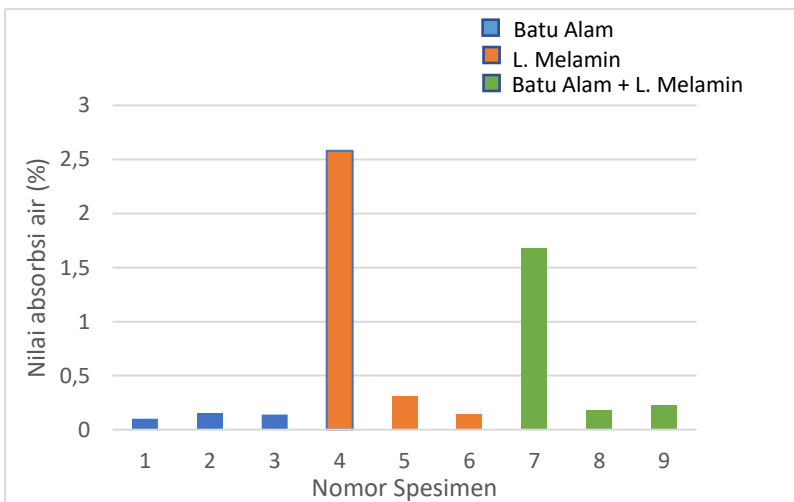


Tabel 4.7 Hasil uji absorpsi air menggunakan agregat limbah melamin

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat melamin (%)	Nilai absorpsi air (%)
4	30	70	2,58
5	40	60	0,31
6	50	50	0,14

Tabel 4.8 Hasil uji absorpsi air menggunakan agregat campuran batu alam dan limbah melamin

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Agregat Limbah Melamin (%)	Nilai absorpsi air (%)
7	30	35	35	1,68
8	40	30	30	0,18
9	50	25	25	0,23



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Absorpsi Air



Pada hasil pengujian absorpsi air untuk komposit epoksi/batu alam/melamin, terdapat perbedaan nilai antara masing-masing variasi komposisi spesimen. tabel 4.6, tabel 4.7, dan tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai absorpsi air terendah terdapat pada spesimen dengan agregat 70% batu alam, yaitu 0,1 %. Perbedaan juga dapat dilihat pada gambar 4.6 . Selain itu, penambahan agregat batu alam juga menyebabkan turunnya nilai absorpsi air. Ini dibuktikan pada gambar 4.6 . Penurunan nilai absorpsi air pada spesimen yang menggunakan agregat batu alam terjadi karena batu alam mempunyai pori-pori yang lebih kecil daripada pasir (Rusdianto, 2015). Namun, hal berbeda ditunjukkan pada penggunaan agregat melamin. Nilai absorpsi air tertinggi terdapat pada spesimen dengan penggunaan agregat 70% melamin, yaitu 2,58%. Penambahan agregat limbah melamin juga meningkatkan nilai absorpsi air. Hal ini disebabkan limbah *melamine formaldehilde* mampu menyerap air lebih baik (5,51%) lebih tinggi dari pada pasir sungai (0,33%) (Chaitongrat, 2018). Begitu juga pada penggunaan agregat campuran batu alam dan limbah melamin. Penambahan matriks epoksi, ukuran partikel agregat, keseragaman ukuran partikel serta persebaran aregat mempengaruhi nilai absorpsi air.

Mengacu pada SNI 03-1331-2001, seluruh variasi komposisi material komposit epoksi/batu alam/melamin bisa dikategorikan ke dalam jenis ubin porselen,yaitu memiliki nilai penyerapan air ≤ 3 .

4.6 Uji Ketahanan UV/Cuaca

Pengujian ketahanan terhadap UV/Cuaca dilakukan untuk mengetahui ketahanan material komposit epoksi/batu alam/melamin terhadap paparan sinar UV, kondisi cuaca dan kelembaban selama waktu pengujian. Waktu pengujian yang dilakukan adalah 200 jam. Rata-rata indeks sinar UV kota Surabaya selama waktu pengujian adalah 8,5 , dan kelembaban kota Surabaya selama waktu pengujian adalah 80 %. Setelah



dilakukan pengujian, dilakukan kembali pengujian mekanik (*hardness*) untuk mengetahui perubahan yang terjadi.

Setelah dilakukan pengujian ketahanan UV/cuaca, dilakukan kembali pengujian mekanik (*hardness*), untuk mengetahui pengaruhnya. Lalu didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil pengujian ketahanan terhadap sinar UV/cuaca.

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Agregat Limbah Melamin (%)	Nilai Uji.Hardness sebelum dijemur (Shore D)	Reduksi nilai kekerasan setelah dijemur (%)
1	30	70	0	66,67	0
2	40	60	0	64,3	0
3	50	50	0	61,3	0
4	30	0	70	44	0
5	40	0	60	62	0
6	50	0	50	66,3	0
7	30	35	35	46,3	0
8	40	30	30	65,67	0
9	50	25	25	67	0

Dari tabel 4.9 diatas, dapat dilihat bahwa seluruh variasi komposisi material komposit epoksi/batu alam/melamin tidak mengalami degradasi setelah dilakukan pengujian ketahanan UV/cuaca. Hal ini disebabkan epoksi memiliki sifat tahan terhadap kelembaban yang tinggi. Selain itu, epoksi juga memiliki sifat stabil pada temperatur tinggi, tahan lama, ketahanan terhadap penyusutan yang tinggi serta stabilitas yang baik (Vaughan, 2009).

4.7 Uji Koefisien Gesek

Pengujian Koefisien gesek dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien gesek dari komposit dengan matriks epoksi dan



agregat limbah melamin dan batu alam. Dengan mengetahui nilai koefisien gesek dari material komposit, maka dapat dijadikan pertimbangan komposit yang dibuat untuk diaplikasikan menjadi *tile*.

Pengujian Koefisien gesek ini dilakukan menggunakan alat *Friction Coefficien Tester*. Setelah melakukan pengujian, didapatkan hasil seperti pada tabel 4.10 , tabel 4.11 , dan tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.10 Hasil uji koefisien gesek menggunakan agregat batu alam

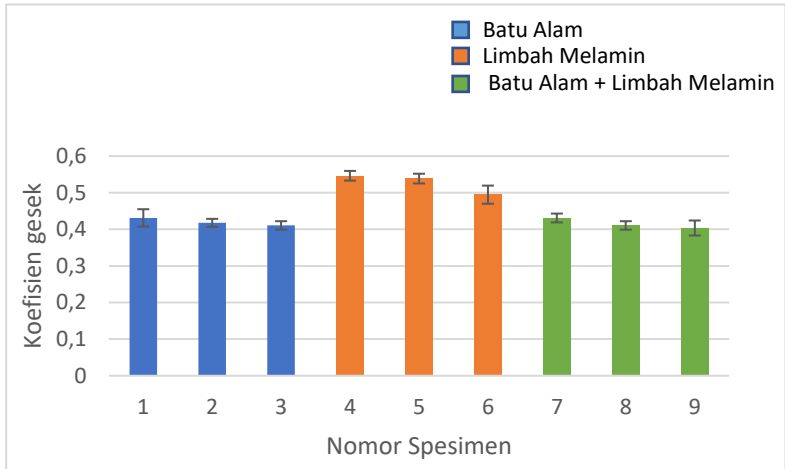
No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Nilai Koef. Gesek
1	30	70	0,431
2	40	60	0,417
3	50	50	0,410

Tabel 4. 11 Hasil uji koefisien gesek menggunakan agregat limbah melamin

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat melamin (%)	Nilai Koef. Gesek
4	30	70	0,546
5	40	60	0,538
6	50	50	0,494

Tabel 4.12 Hasil uji koefisien gesek menggunakan agregat campuran batu alam dan limbah melamin

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Agregat Limbah Melamin (%)	Nilai Koef. Gesek
7	30	35	35	0,431
8	40	30	30	0,410
9	50	25	25	0,403



Gambar 4.7 Grafik hasil uji koefisien gesek

Pada hasil pengukuran dan pengujian, terdapat perbedaan hasil koefisien gesek antara specimen yang menggunakan agregat batu alam, limbah melamin dan campuran keduanya. Dari tabel 4.10, tabel 4.11, dan tabel 4.12 merupakan data dari tiap-tiap specimen dengan menggunakan agregat yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar 4.7, didapat bahwa nilai koefisien tertinggi ialah komposit dengan menggunakan agregat melamin 70 %, dimana nilai koefisien gesek yang didapat ialah 0,546. Namun secara keseluruhan terlihat perbedaan nilai koefisien gesek yang tidak terlalu signifikan, yaitu pada kisaran 0,4-0,55. Dari gambar 4.7 juga dapat dilihat bahwa penambahan penggunaan agregat menyebabkan nilai koefisien gesek komposit semakin naik.

Hasil nilai koefisien gesek pada penggunaan agregat limbah melamin lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan batu alam dan campuran keduanya. Hal ini disebabkan limbah melamin memiliki sifat permukaan yang lebih kasar dibandingkan



yang lainnya. Semakin banyak kandungan agregat yang kasar, akan memperluas kontak penampang antara permukaan komposit dan alasnya (Puja, 2011). Berdasarkan hasil uji koefisien gesek yang dilakukan, didapatkan bahwa seluruh komponen sudah masuk kedalam kategori M3 (*average*) yaitu berkisar antara 0,3-0,42, dan untuk komponen yang memiliki nilai 0,43-0,63 masuk kedalam kategori M4 (*good*) (Terjek,2017).



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Penambahan agregat limbah melamin pada material komposit mempengaruhi sifat mekanik dan fisis komposit sebagai berikut :
 - a. Penambahan agregat melamin menurunkan nilai kuat lentur dan kekerasan komposit berbasis epoksi, dimana nilai kuat lentur tertinggi ialah 187 Mpa dan 66,3 Shore D pada agregat 50 % melamin.
 - b. Penambahan agregat melamin menaikkan nilai absorpsi air dan koefisien gesek, dimana nilai tertinggi ialah 2,58 % dan 0,546 pada agregat 70% melamin, serta memiliki ketahanan terhadap sinar UV/cuaca yang sangat baik.
2. Penambahan agregat batu alam pada komposit mempengaruhi sifat mekanik dan fisis komposit sebagai berikut :
 - a. Penambahan agregat batu alam meningkatkan nilai kuat lentur dan kekerasan komposit berbasis epoksi, yaitu nilai tertinggi 194,05 Mpa dan 66,67 Shore D pada penggunaan agregat 70% batu alam
 - b. Penambahan agregat batu alam menurunkan nilai absorpsi air, serta nilai koefisien gesek yaitu nilai terendah ialah 0,1 % nilai absorpsi air pada penggunaan 70% agregat batu alam, dan 0,41 koefisien gesek pada penggunaan 50 % agregat batu alam. Penggunaan agregat



batu alam juga memiliki ketahanan sinar UV/cuaca yang sangat baik.

3. Penambahan agregat campuran batu alam dan limbah melamin mempengaruhi sifat mekanik dan sifat fisis komposit sebagai berikut :
 - a. menurunkan nilai kuat lentur dan kekerasan komposit, dimana nilai kuat lentur dan kekerasan tertinggi ialah 230 Mpa dan 67 Shore D pada penggunaan agregat 25 % batu alam + 25% limbah melamin
 - b. menurunkan nilai absorpsi air dan nilai koefisien gesek, dimana nilai absorpsi air terendah ialah 0,23 % pada penggunaan agregat campuran 25% batu alam + 25% limbah melamin. Nilai koefisien tertinggi yang didapat ialah 0,431 pada penggunaan agregat 35% batu alam + 35% limbah melamin. Komposit yang menggunakan agregat campuran ini juga memiliki ketahanan sinar UV/cuaca yang sangat baik.

Untuk aplikasi *tile* , hampir seluruh variasi komposisi material komposit epoksi/batu alam/melamin memenuhi standar SNI-03-1331-2001, yaitu dalam sifat mekanik maupun fisis, dimana komposisi yang paling direkomendasikan ialah penggunaan agregat campuran 25% batu alam + 25% limbah melamin.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah :

1. Adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengolahan limbah plastik untuk aplikasi material bangunan



2. Menggunakan jenis agregat limbah plastik yang berbeda untuk mengetahui potensi penggunaannya untuk aplikasi material bangunan
3. Dilakukan penelitian terhadap lamanya waktu pengadukan dalam proses pencampuran matriks + agregat agar menghasilkan komposit dengan sifat-sifat yang lebih baik.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Abrose, Dyana. et. al. 2013. *Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism*. UAE: The Petroleum Institute.
- Asthana, K. 2004. *Development of polymer modified cementitious (polycem)*. Construction and Building Materials 18, 639-643.
- Augustsson, Curt, 2004. *NM Epoxy Handbook*. 3rd penyunt. Ytterby: Nils Malmgren.
- Callister, W. D. (2007). *Material Science and Engineering an Introduction*. Utah: John Wiley & Sons
- Campbell, F.C. 2010. *Structural Composite Material*. USA: ASM International.
- Chalermchai Chaitongrat, 2016. *Recycling of melamine formaldehyde waste as fine aggregate in lightweight concrete*. Thailand : Suranaree University of Technology.
- Dionys, van Gemert, D., & Czarnecki, L. (2005). *Cement concrete and concrete-polymer composites: Two merging worlds. A report from 11th ICPIC Congress in Berlin, 2004*. Berlin, Germany: Elsevier.
- Helena,Melda., 2014. *Pengaruh Kadar Filler Abu Sawit (Ukuran direduksi) dan Temperatur Pencampuran Terhadap Morfologi dan Sifat Komposit Polipropilen/ Karet Alam*. Pekanbaru : Universitas Riau
- Jafari, K. (2017). *Experimental and analytical evaluation of rubberized polymer concrete*. Tehran, Iran: Elsevier.
- Jambeck, J.R., Andrady, A., Geyer, R., Narayan, R., Perryman, M., Siegler, T., Wilcox, C., Lavender Law, K. , (2015). *Plastic waste inputs from land into the ocean*, Science, 347, p. 768-771.
- Jorge Antonio Goncalves, 2014. *Mechanical Properties of Epoxy Resin Based on Granite Stone Powder from the Sergipe*

- Fold and Thrust Belt Composite. Brazil : Universidade Federal de Sergipe*
- Kristianta, 2017. *Variasi Ukuran terhadap Kekerasan dan Laju Keausan Komposit Epoxy Alumunium-Serbuk Tempurung Kelapa untuk Kampas Rem. Jember : Universitas Jember*
- Mahayatra,I Gede. 2013. *Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Marmer Statuari Terhadap Sifat Mekanik Komposit Partikel Marmer Statuari. Bandar Lampung : Universitas Lampung.*
- Marciano,Joao Laredo dos seis. 2012. *Effect of temperature on the mechanical properties of polymer mortars. Brazil: universade federal fluminense.*
- Maria Gonzalez Gonzalez,et al. 2012. *Application of FTIR on Epoxy resins- Identification, Monitoring the Curing Process, Phase separation and Water Uptake. Madrid : University Carlos III*
- Merritt, Frederick S.. 2000. *Building Design and Construction Handbook. McGraw-Hill: New York*
- Pritria Rina, 2008. *Uji Sifat Mekanik dan Listrik Komposit Partikel Marmer Kalsit, IPB*
- Puja, I Gusti Ketut 2011. *Studi Kekuatan Tarik dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan Matrik Epoksi. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.*
- Rusdianto, Yunan. 2015. *Penggunaan Limbah Marmer Sebagai Filler Terhadap Absorpsi, Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Pada Beton. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.*
- SNI 03-1331-2001 syarat mutu dari ubin mosaik
- SNI 03-6861.1-2002 Syarat Mutu Batu Alam Untuk Bahan Bangunan
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit. Surabaya: ITS Press.*

- Surono, Untoro Budi. 2013. *Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak*. Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Utami, Sri, 2010. *Pemanfaatan Limbah Marmer untuk Pembuatan Paving Stooone*. Neutron Vol 10.
- Terjek, Anita. 2017. *Slipping Properties of ceramic tiles/ Quantification of slip resistance*. Hungary: University of Technology and economics.
- Vaughan, Dennis J. 1998. *Fiberglass Reinforcement* dalam Peters, S.T. (Ed.) *Handbook of Composites*. California: Chapman & Hall.
- Wessel, J. K. (2004). *Handbook of Advanced Materials*. John Wiley & Sons.
- Wypych, G. (2016). *Handbook of Polymer 2nd Edition*. Toronto, Canada: ChemTec Publishing.
- Yunan Rusdianto, 2015. *Penggunaan Limbsh Marmer sebagai Filler terhadap Absorbsi, Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas pada Beton*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.

(Halaman sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Uji Bending

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan :

σ_f = Kekuatan Lentur (Kg/cm²)

L = Support span (cm)

P = Beban patah (Kg)

b = lebar spesimen (cm)

d = tebal spesimen (cm)

	Agregat Limbah Melamin		
Persentase agregat (%)	70	60	50
Beban (kgf)	15,67	91,17	93,5
Panjang (cm)	6,5	6,5	6,5
Lebar (cm)	3	3	3
Tebal (cm)	1	1	1
Kuat bending (Mpa)	31,3	182,3	187
	Agregat Batu Alam		
Persentase agregat (%)	70	60	50
Beban (kgf)	97,03	70,97	79,17
Panjang (cm)	6,5	6,5	6,5
Lebar (cm)	3	3	3
Tebal (cm)	1	1	1

Kuat bending (Mpa)	194,05	141,93	158,3
	Agregat Campuran L. Melamin + Batu Alam		
Persentase agregat (%)	70	60	50
Beban (kgf)	37,5	88,8	115,4
Panjang (cm)	6,5	6,5	6,5
Lebar (cm)	3	3	3
Tebal (cm)	1	1	1
Kuat bending (Mpa)	75	177,6	230,8

Nomor Spesimen 1 agregat melamin

Diketahui:

Support span = 4 cm

Beban patah = 15,67 Kg

Lebar spesimen = 3 cm

Tebal spesimen = 1 cm

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{3 \times 15,67 \times 4}{2 \times 3 \times 1^2}$$

$$\sigma_f = 31,3 \text{ MPa}$$

Uji Hardness

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Agregat Limbah Melamin (%)	Nilai Uji.Hardness sebelum dijemur (Shore D)	Konversi ke skala Mohs
1	30	70	0	66,67	5
2	40	60	0	64,3	5
3	50	50	0	61,3	5
4	30	0	70	44	4
5	40	0	60	62	5
6	50	0	50	66,3	5
7	30	35	35	46,3	4
8	40	30	30	65,67	5
9	50	25	25	67	5

Uji Absorbsi Air

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat basah

B = berat kering

Agregat Batu Alam			
Persentase Agregat (%)	70	60	50
Berat Basah (g)	22,9	15,82	15,94
Berat Kering (g)	22,8	15,67	15,8
Absorbability (%)	0,1	0,15	0,14

Agregat melamin			
Persentase Agregat (%)	70	60	50
Berat Basah (g)	12,33	9,53	11,44
Berat Kering (g)	9,75	9,22	11,3
Absorbability (%)	2,58	0,31	0,14

Agregat melamin + Batu Alam			
Persentase Agregat (%)	70	60	50
Berat Basah (g)	16,83	14,47	14,08
Berat Kering (g)	15,15	14,29	13,85
Absorbability (%)	1,68	0,18	0,23

Nomor Spesimen 1 agregat batu alam

Diketahui:

Berat Basah : 22,9 gram

Berat Kering: 22,8 gram

$$Penyerapan\ Air = \frac{22,9 - 22,8}{22,8} \times 100\%$$

$$= 0,1 \%$$

Uji Ketahanan UV/ Cuaca

$$\text{reduksi sifat mekanik} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = nilai sifat mekanik sebelum uji UV/cuaca

B = nilai sifat mekanik setelah uji UV/cuaca

No	Matriks Epoksi (%)	Agregat Batu Alam (%)	Agregat Limbah Melamin (%)	Nilai Uji.Hardness sebelum dijemur (Shore D)	Nilai Uji.Hardness setelah dijemur (Shore D)	Reduksi nilai kekerasan setelah dijemur (%)
1	30	70	0	66,67	66,67	0
2	40	60	0	64,3	64,3	0
3	50	50	0	61,3	61,3	0
4	30	0	70	44	44	0
5	40	0	60	62	62	0
6	50	0	50	66,3	66,3	0
7	30	35	35	46,3	46,3	0
8	40	30	30	65,67	65,67	0
9	50	25	25	67	67	0

Nomor Spesimen 1 agregat batu alam

Diketahui:

Nilai Hardness sebelum perlakuan : 66,7 shore D

Nilai hardness setelah perlakuan : 66,7 shore D

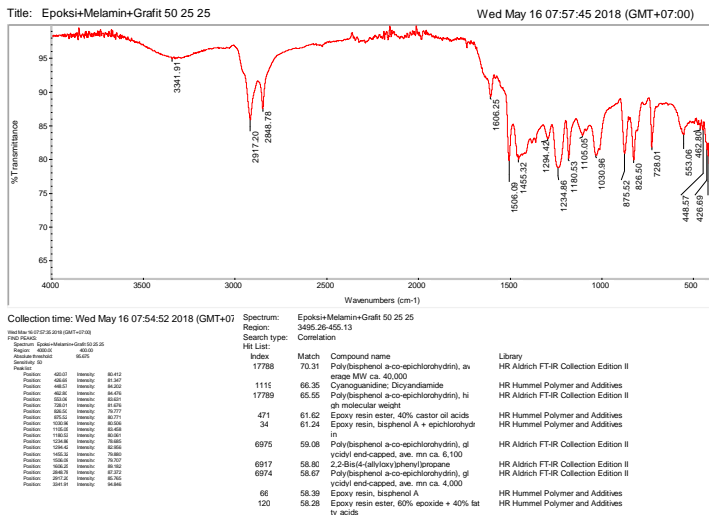
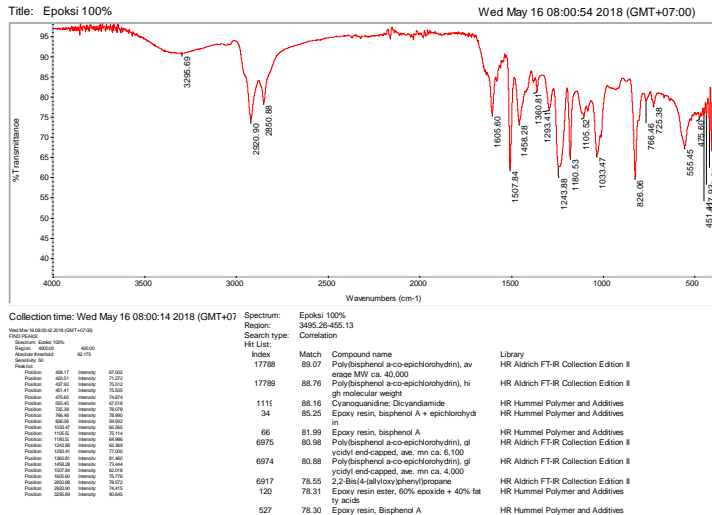
$$\text{Penyerapan Air} = \frac{66,7 - 66,7}{66,7} \times 100\%$$

$$= 0, \%$$

Uji Koefisien Gesek

Variasi	percobaan 1	percobaan 2	percobaan 3	Rata-Rata
1	0,404	0,445	0,445	0,431333
2	0,554	0,531	0,554	0,546333
3	0,424	0,424	0,445	0,431
4	0,405	0,424	0,424	0,417667
5	0,531	0,531	0,554	0,538667
6	0,424	0,404	0,404	0,410667
7	0,424	0,404	0,404	0,410667
8	0,466	0,509	0,509	0,494667
9	0,424	0,404	0,383	0,403667

Hasil Uji FTIR

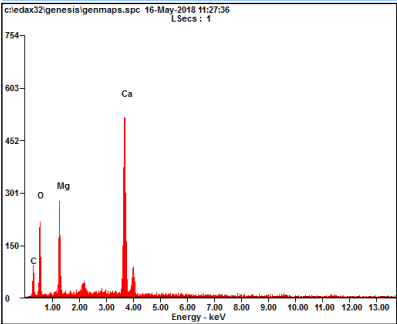
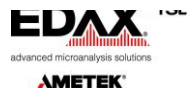


Epoksi + Granit

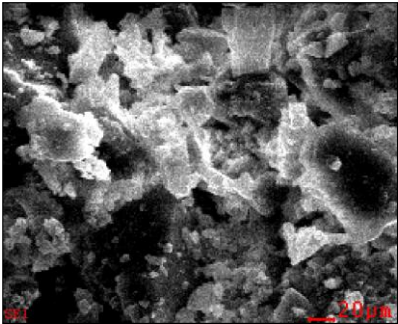
Microanalysis Report

Prepared for: Company Name Here

Prepared by: Your Name Here 5/16/2018



Element	Wt%	At%
CK	06.47	12.31
OK	37.99	54.25
MgK	13.22	12.42
AuM	05.64	00.65
PdL	01.51	00.32
CaK	35.17	20.04
Matrix	Correction	ZAF

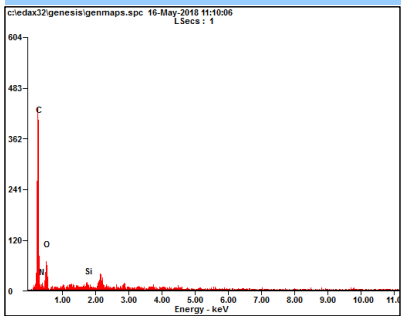
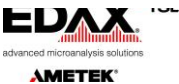


Epoksi + Melamin

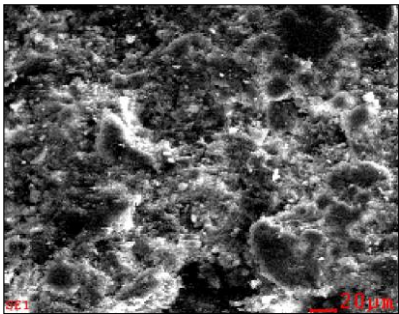
Microanalysis Report

Prepared for: Company Name Here

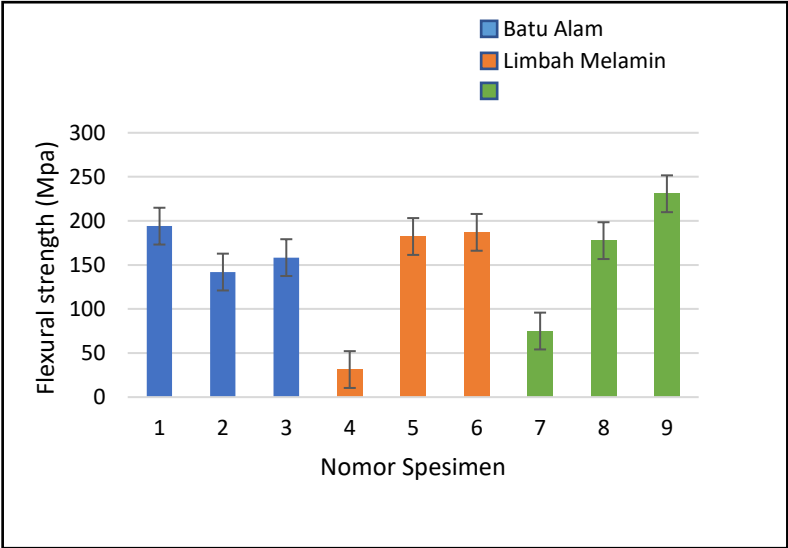
Prepared by: Your Name Here 5/16/2018



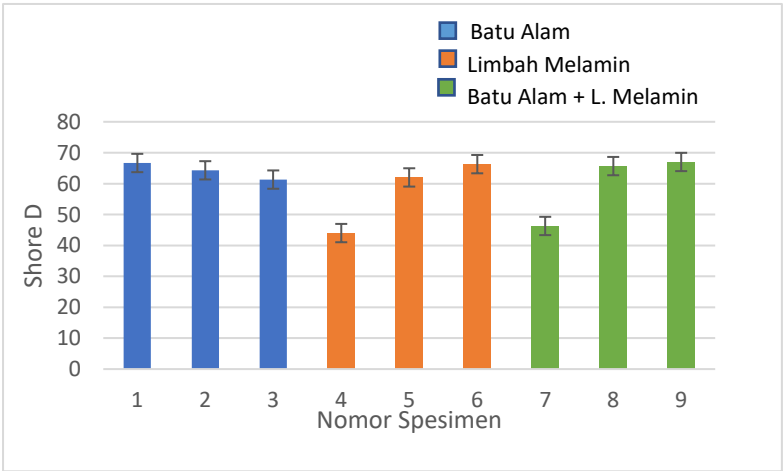
Element	Wt%	At%
CK	49.64	60.57
NK	11.54	12.07
OK	28.72	26.31
SiK	00.64	00.34
AuM	09.46	00.70
Matrix	Correction	ZAF



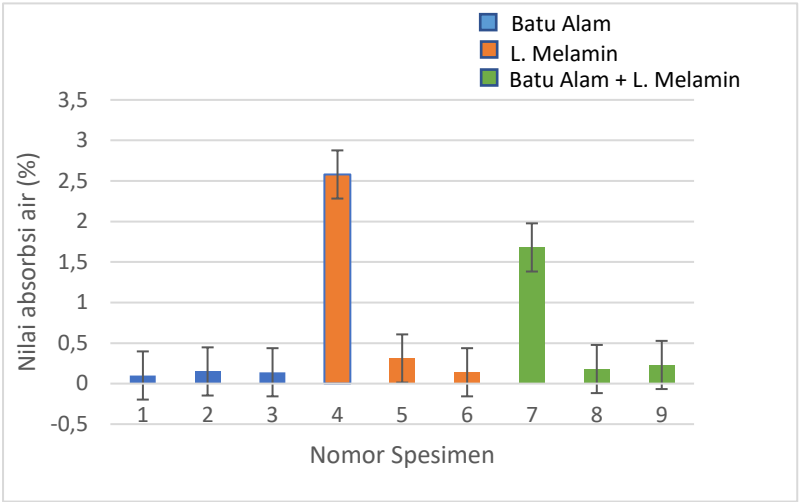
Grafik Hasil Pengujian Bending



Grafik Hasil Pengujian Hardness

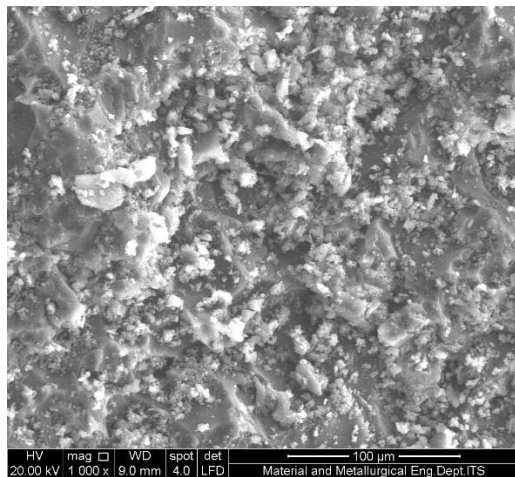
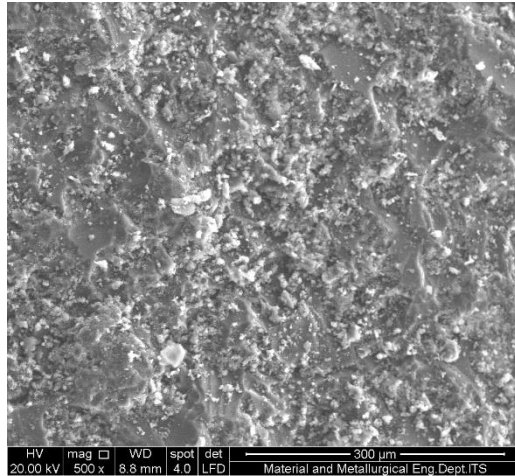


Grafik Hasil Uji Absorpsi Air

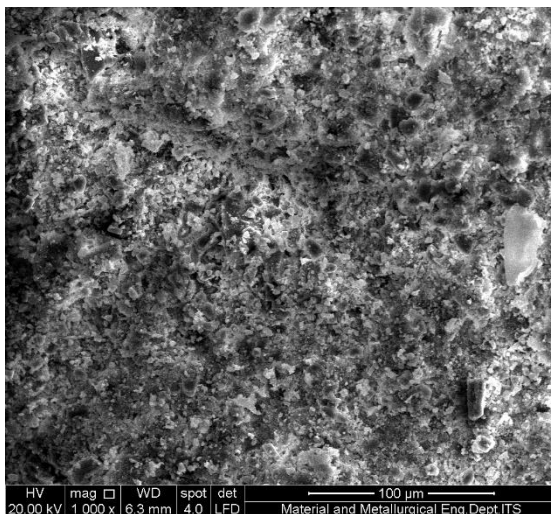
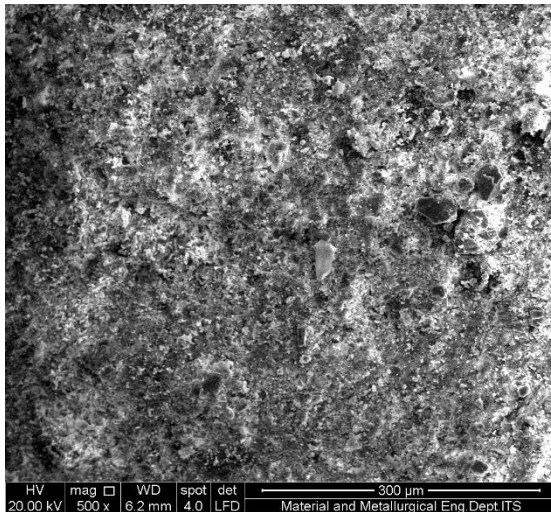


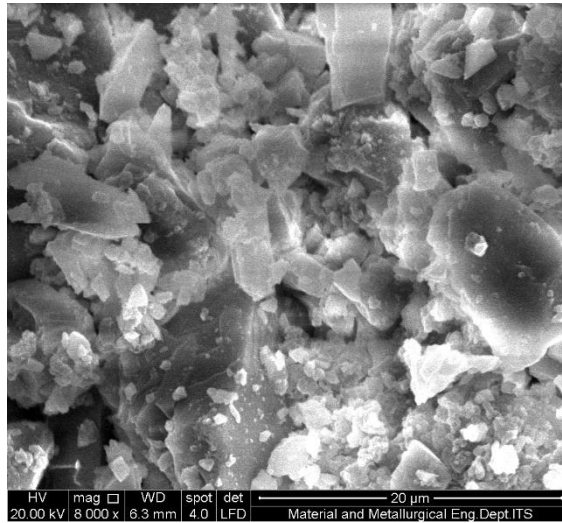
Gambar Hasil Uji SEM

100 % Epoksi

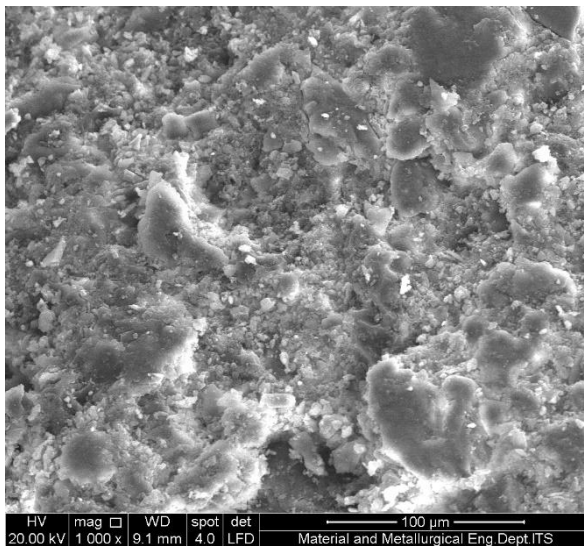


50% Epoksi + 50 % Batu Alam

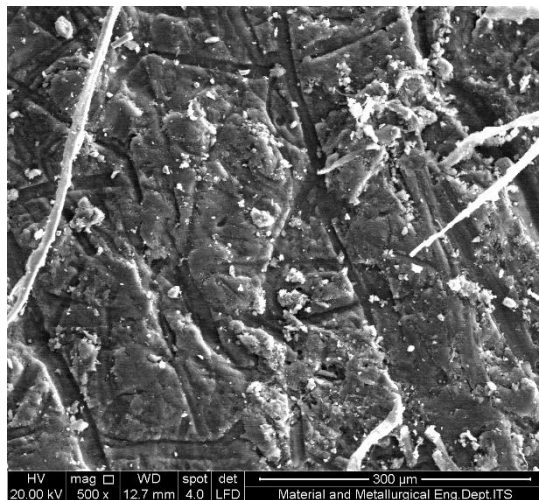
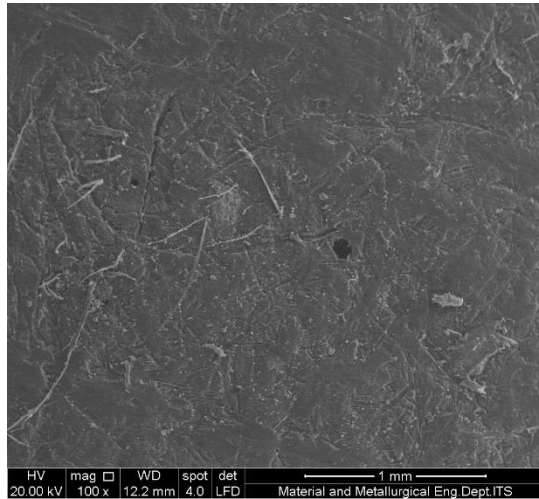


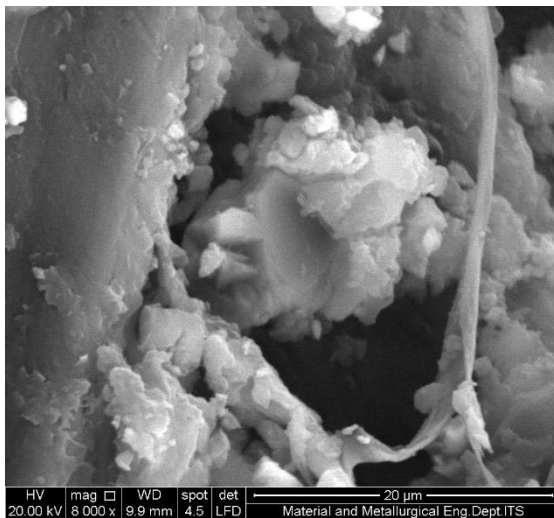
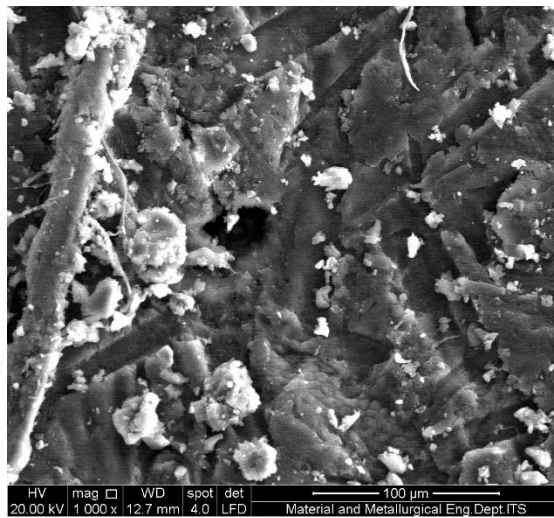


50 % Epoksi + 50 % Melamin



50% Epoksi + 25 % Batu Alam + 25 % Melamin





UCAPAN TERIMA KASIH

Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman dan sehat. Berkat rahmat dan kuasa-Nya penulis masih dapat menulis Tugas Akhir dan menjadi manusia yang bermanfaat.
2. Kedua orang tua, Mamah dan Ayah, serta Kakak yang selalu mendukung dalam bentuk doa untuk sehat, keselamatan, menjadi yang baik, kata-kata, dan materiil. Tanpa doa dan dukungan Mamah, Ayah, dan Kakak penulis akan kesulitan untuk menyelesaikan tugas akhir.
3. Dr. Agung Purniawan S.T, M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS.
4. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir serta dosen wali saya yang telah membimbing saya dari awal dan membantu serta memberikan penulis banyak ilmu dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
5. Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir maupun dalam kepribadian.
6. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta S.T., M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI-ITS.
7. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.
8. Teman dari maba, Eja, Rifki, Ogi, Ical, Rama, Ibe, Dwiki, Noer, Pijul, Pandu, Icod, Emral, Argya yang telah menemani masa-masa perkuliahan selama kurang lebih 4 tahun.
9. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir Lab Material Inovatif yang telah membantu dan mengingatkan penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.

10. Keluarga MT 16 yang penulis sayangi, telah memberikan penulis banyak sekali kenangan. Keluarga penulis selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman seperantauan Riau Fareid, Irfan, Kimul, Rama, Ola yang selalu menemani saya di untuk mengisi waktu luang.
12. Lukman Hakim, yang menemani saya untuk sama-sama menjadi pribadi yang lebih baik.
13. Tim basket ITS dan MBC yang sudah memberi warna dalam kehidupan perkuliahan saya.
14. Serta seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu. Terimakasih atas dukungan dan bantuan teman-teman sekalian.

BIODATA PENULIS



Muhammad Afiq Ihsan, lahir di Pekanbaru, 20 Desember 1995. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 020 Marpoyan Damai. Dilanjutkan ke jenjang pertama di SMPN 4 Pekanbaru. Selanjutnya menempuh pendidikan di SMAN 8 Pekanbaru. Lalu penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi negeri di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama menempuh perkuliahan, penulis juga aktif di acara departemen maupun institusi. Penulis pernah menjadi staf Pengabdian Masyarakat Himpunan Teknik Material pada tahun 2015-2016, staf UKM basket ITS 2015-2016, dan ketua departemen PSDM UKM basket 2016-2017. Penulis juga pernah menjadi koordinator *sponsorship* IRITS back to Riau 2015.

Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT. PJB Paiton pada bulan Juli-Agustus 2017 dan memiliki topik selama kerja praktek dengan judul “Analisa Kegagalan *Reheater Tube* Boiler PLTU Paiton Unit 9.”

Tugas akhir yang diambil penulis yaitu pada Material Inovatif dengan judul “Studi Pengaruh Komposisi *Filler* Batu Alam dan Limbah Melamin Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Material Komposit Epoksi/Melamin/Batu Alam Untuk Aplikasi *Tile*.”

(Halaman ini sengaja dikosongkan)